

**UNIVERSIDADE METODISTA DE PIRACICABA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FISIOTERAPIA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: INTERVENÇÃO FISIOTERAPÊUTICA
LINHA DE PESQUISA: DOSIMETRIA E CONVALIDAÇÃO DE RECURSOS
FISIOTERAPÊUTICOS**

LUCIANA CEZIMBRA WEIS

**AFERIÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DE LASER DE BAIXA POTÊNCIA E
CARACTERIZAÇÃO DOS PROCEDIMENTOS EMPREGADOS NA SUA
UTILIZAÇÃO CLÍNICA**

Piracicaba, 2004

LUCIANA CEZIMBRA WEIS

**AFERIÇÃO DOS EQUIPAMENTOS DE LASER DE BAIXA POTÊNCIA E
CARACTERIZAÇÃO DOS PROCEDIMENTOS EMPREGADOS NA SUA
UTILIZAÇÃO CLÍNICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia da Universidade Metodista de Piracicaba, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Fisioterapia.

Orientador: Prof. Dr. Rinaldo R. de J. Guirro

Piracicaba
2004

RESUMO

Nas últimas décadas, dentre as inúmeras descobertas notáveis nas mais diferentes áreas do conhecimento, o laser tem ocupado posição de destaque. A sua especificidade está relacionada aos parâmetros físicos, que devem ser rigorosamente definidos. Nesse contexto, o objetivo deste estudo foi caracterizar os equipamentos emissores de laser de baixa potência, bem como os procedimentos empregados na sua utilização em clínicas de Fisioterapia da cidade de Piracicaba e região. Para tanto, foram reunidos 40 equipamentos de diferentes marcas, modelos, ano de fabricação e tempo de uso. A caracterização dos equipamentos foi realizada através da coleta de informações do manual do fabricante, bem como da consulta direta aos mesmos. No que se refere à potência média emitida, essa foi aferida por um analisador de potência digital (modelo *LaserCheck/Coherent*). Concomitante à aferição, foi aplicado um questionário ao fisioterapeuta, objetivando uma visão geral dos equipamentos e dos procedimentos empregados na sua utilização. Os dados qualitativos foram apresentados através de estatística descritiva, sendo os quantitativos analisados pelo teste de Wilcoxon/Kruskal-Wallis e teste Exato de Fischer, com significância de 5%. Os resultados demonstraram que os principais lasers usados são HeNe e AsGa, sendo a maioria dos equipamentos analógicos; 60% foram adquiridos há mais de 5 anos. A maioria dos equipamentos realizam entre 10 a 15 aplicações semanais e a faixa de densidade mais usada é de 2 a 4 J/cm². Concluiu-se, que a potência média aferida e o tempo de aquisição possuem uma correlação negativa; os equipamentos aferidos apresentam na sua maioria potência média distinta das informadas pelos fabricantes; o maior tempo de utilização e o fato de o equipamento ser aferido não garantem potências médias acima de 1 mW; a potência média está em sua maioria fora das normas e muitos fisioterapeutas não realizam rotineiramente a manutenção dos equipamentos, descuidando, inclusive, de medidas preventivas como o uso de óculos.

Palavras-chave: laser terapêutico, aferição, fisioterapia.

ABSTRACT

In the last decades, among several remarkable discoveries in the many different areas of knowledge, laser technology has been one of the most significant. Its distinctiveness is related to its physical parameters that must be strictly defined. In this context, the objective of this study is to classify equipment that emit laser of low power, as well as the procedures applied in its utilization within Physiotherapy Clinics in the city of Piracicaba, São Paulo and that region. Thus information was collected about 40 different models, their year of manufacture, and the amount of usage. The equipment was classified by collecting information from the manufacturers manual, and by consulting the user directly. A digital power analyser (model *LaserCheck/Coherent*) was used to measure the average power produced. Together with these measurements, a questionnaire was completed by physiotherapists to collect general information about the equipment and the procedures applied during its use. The qualitative data were presented through descriptive statistics, whilst the quantitative data were shown through the test of Wilcoxon/Kruskal-Wallis and the Exact Test of Fischer, with a significance of 5%. The results showed that the main lasers used are HeNe and AsGa, being the majority of the analogue equipments, and that 60% were purchased more than five years ago. Most of the equipments were used for between 10 and 15 sessions a week, and most used a density range of 2 to 4 J/cm². It was concluded that the average power measured and the time of the purchasing have a negative correlation; most equipments measured show different average power from the ones informed by the manufacturers; the length of time that the equipment is used and the fact the equipment is measured don't guarantee an average power above 1mW; the average power is mostly not within the standards, and many physiotherapists don't do the routine maintenance of the equipment, even being careless with other safety measures, such as wearing protective glasses.

Key words: therapeutic laser, measurement, and physiotherapy.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	<i>LaserCheck</i>	38
FIGURA 2	Procedimento experimental para a aferição da potência média....	39
FIGURA 3	Potência média aferida (mW) nos diferentes equipamentos de laser terapêutico.....	45
FIGURA 4	Valores medianos da potência (mW) aferida e informada pelo fabricante nos diferentes equipamentos de laser terapêutico.....	46
FIGURA 5	Porcentagem da diferença das potências médias aferidas em relação às informadas pelos fabricantes.....	47
FIGURA 6	Densidade de energia média, calculada para o valor de referência 1 J/cm ² nos diferentes equipamentos de laser aferidos.....	48
FIGURA 7	Densidade de energia média, calculada para o valor de referência 4 J/cm ² nos diferentes lasers aferidos.....	49
FIGURA 8	Densidade de energia média, calculada para o valor de referência 7 J/cm ² nos diferentes lasers aferidos.....	49
FIGURA 9	Comparação entre as densidades de energia calculadas (C) e informadas (I) pelos fabricantes em 1, 4 e 7 J/cm ²	50
FIGURA 10	Tempo de aquisição (meses) dos diferentes equipamentos de laser terapêutico.....	52
FIGURA 11	Número de pacientes atendidos (semana) nos diferentes equipamentos de laser terapêutico.....	53
FIGURA 12	Densidade de energia mais utilizada (J/cm ²) nos diferentes equipamentos de laser terapêutico.....	54

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	Equipamentos de laser terapêutico distribuídos por marcas, modelos, área do diodo e número.....	37
TABELA 2	Compilação dos trabalhos científicos do período de 1994 a 2003, referentes aos efeitos fisiológicos do laser, relacionados à aplicação clínica.....	44

LISTA DE APÊNDICES

APÊNDICE 1	Ficha de cadastro	75
APÊNDICE 2	Questionário sobre a utilização do laser	76
APÊNDICE 3	Características físicas dos equipamentos de laser aferidos	79
APÊNDICE 4	Ficha de aferição	80
APÊNDICE 5	Carta de solicitação de informações sobre características físicas do equipamento	81
APÊNDICE 6	Laudo de aferição	82
APÊNDICE 7	Associação das categorias	83

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1	Certificado do IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas).....	85
ANEXO 2	Certificado de calibração do <i>LaserCheck</i>	86
ANEXO 3	Carta registrada com aviso de recebimento.....	87

LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.

AlGaInP – Alumínio-Gálio-Índio-Fósforo.

AsGa – Arseneto de Gálio.

AsGaAl – Arseneto de Gálio-Alumínio.

AsGaInP – Arseneto de Gálio-Índio-Fósforo.

ATP – Trifosfato de Adenosina.

COFFITO – Conselho Federal de Fisioterapia e Terapia Ocupacional.

DE – Densidade de Energia.

f – frequência.

HeNe – Hélio-Neônio.

IEC – International Electrotechnical Commission.

INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia.

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas.

LASER – Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation.

LLLT – Terapia laser de baixa intensidade.

NBR – Normas Brasileiras de Regulamentação.

P_m – Potência média.

P_p – Potência de pico.

t – Tempo.

UNIMEP – Universidade Metodista de Piracicaba.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	14
2.1 Laser	14
2.2 Características Físicas.....	15
2.3 Interações Biológicas e Aplicações Terapêuticas.....	21
2.4 Normas Técnicas – Controle de qualidade dos equipamentos a laser.....	27
3 OBJETIVOS.....	34
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	35
4.1 Análise Estatística.....	41
5 RESULTADOS.....	43
6 DISCUSSÃO.....	55
7 CONCLUSÕES.....	66
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	67
9 APÊNDICES.....	74
10 ANEXOS.....	84

1 INTRODUÇÃO

Laser é a sigla da expressão inglesa *Light amplification by stimulated emission of radiation* que significa amplificação da luz por emissão estimulada de radiação. Analisando essa terminologia, pode-se enfatizar que o caráter de amplificação se explica pela alta concentração de energia resultante do grande número de fótons dos quais é formada, e que o fenômeno de emissão estimulada se caracteriza pela emissão de luz a partir da estimulação da matéria através do fornecimento de energia aos átomos. Isso permite compreender por que a radiação laser se constitui numa radiação eletromagnética obtida a partir de um mecanismo diferenciado de emissão (COLLS, 1988).

A partir da década de 60 e início dos anos 70, o laser tornou-se um recurso físico importante no tratamento terapêutico, bem como no desenvolvimento de pesquisas e experimentos que buscam obter maiores conhecimentos a respeito de seus efeitos fisiológicos, mecanismos de produção e aperfeiçoamento tecnológico do aparelho.

Os avanços tecnológicos têm possibilitado o surgimento de modernos equipamentos terapêuticos, como o laser de baixa potência, que permite ao fisioterapeuta ampliar suas áreas de atuação, assim como desenvolver terapias mais efetivas no tratamento de diferentes afecções.

Algumas características especiais tornam a radiação laser diferente da radiação eletromagnética natural, como a monocromaticidade, coerência, colimação e sua polarização (LAAKSO *et al.*, 1993). Para Tunér e Hode (1999) as respostas desencadeadas pelo laser nos tecidos biológicos estão relacionadas ao comprimento de onda, regime de pulso e nível de energia depositado.

Nussbaum *et al.* (1999) relacionam outros parâmetros que devem ser avaliados para o tratamento a laser, incluindo a densidade de energia e a densidade de potência. Como a reação biológica ao laser pode variar com a alteração de qualquer um desses parâmetros, o fracasso das investigações para reproduzir todos os parâmetros do tratamento pode ser a base das descobertas contraditórias na literatura.

A falta de informação e instrução disponível sobre a laserterapia, especialmente no que se refere à seleção de parâmetros ideais de tratamento, constitui uma das razões para os resultados variáveis reportados nos tratamentos fisioterapêuticos, fato constatado por Baxter *et al.* (1991), ao questionarem profissionais que trabalham na prática clínica com terapia a laser.

Na incorporação da radiação laser como prática terapêutica, a aferição e/ou calibração dos parâmetros dos equipamentos são muito importantes e, por isso, através do presente estudo, busca-se demonstrar a necessidade de realização das mesmas, visando à maior segurança e eficiência da terapia laser aplicada ao paciente.

A aferição e/ou calibração foram salientadas em pesquisas realizadas por Vasseljen (1992), Kramer e Sandrin (1993), Basford *et al.* (1993 e 1998) e Amaral *et al.* (2001) que, ao desenvolverem seus trabalhos com laser, tiveram essa

preocupação. Porém, isso nem sempre constitui uma prática habitual, pois, ao ser consultada a bibliografia referenciada neste trabalho, verifica-se que as questões aferição/calibração nem sempre são ressaltadas e, quando manifestadas, demonstram, muitas vezes, um certo desconhecimento do conceito de aferir, que, segundo Ferreira (1999), significa avaliar, conferir ou comparar pesos, medidas e outros parâmetros, com seus respectivos padrões, e calibrar, que é ajustar, medir ou balancear, neste caso, os parâmetros do equipamento.

O uso dos equipamentos de laser terapêutico é, atualmente, regulamentado por algumas normas técnicas, como a IEC (*International Electrotechnical Commission*) 825 - 1 (1993), a IEC 60825 - 1 (1998) e sua edição mais recente, a IEC 60825 - 1 (2001), bem como as NBRs (Normas Brasileiras de Regulamentação) 601 - 1(1994) e 601 - 2 - 22 (1997). As normas internacionais estabelecem, principalmente, a classificação dos equipamentos eletromédicos, enquanto as normas brasileiras registram as determinações gerais e particulares para segurança dos equipamentos terapêuticos e de diagnóstico, entre os quais o equipamento laser, bem como orientações aos usuários.

A caracterização dos equipamentos laser, através da aferição, e a análise dos procedimentos empregados pelos fisioterapeutas, abordadas nesta pesquisa, vêm ao encontro de assuntos bastante discutidos em uma reunião realizada pelo Conselho Federal de Fisioterapia e Terapia Ocupacional (COFFITO), juntamente com o representante do Instituto Nacional de Metrologia (INMETRO) e pesquisadores, na qual, segundo Couto (2001), foi discutida a necessidade de criar um organismo que defina e regulamente as questões relacionadas aos equipamentos usados pelos fisioterapeutas, bem como motive os mesmos a

entender e assumir a idéia de que o equipamento elétrico pode falhar e precisa ser revisado periodicamente para que seus resultados sejam confiáveis e, conseqüentemente, sua função bem desempenhada tanto em nível terapêutico como científico.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Laser

O recurso terapêutico, objeto deste estudo, teve sua concepção teórica demonstrada por Albert Einstein em 1916, que postulou o fenômeno físico de emissão estimulada, essencial ao princípio de funcionamento do laser. Baseados nesse princípio, em 1950, Townes, Zaiger e Gordon desenvolveram o primeiro trabalho com radiação eletromagnética amplificada, construindo o MASER (amplificador de microondas por emissão estimulada de radiação), criando, com isso, a possibilidade de trabalhar na região visível de radiação (KLOTH, 1997).

Em 1958, Townes e Schawlow propõem um modelo para o desenvolvimento de um laser propriamente dito. Essa comprovação teórica foi viabilizada na prática por Theodore Maiman que, em 1960, produziu o primeiro emissor de laser de material sólido, utilizando rubi sintético. Logo após, em 1961, foi desenvolvido o laser Hélio-Neônio (HeNe), emitindo radiação na região visível vermelha, com 632,8nm. O HeNe representou a primeira fonte comercialmente disponível de luz coerente, tornando-se o laser mais freqüentemente empregado para a realização de aplicações atérmicas ou seja, com laser de baixa potência (BAXTER, 1997).

Esse fato, de acordo com Tunér e Hode (1999), serviu de incentivo para a produção de um laser na faixa infravermelha, fora do alcance da emissão visível,

surgindo no final da década de 70 os primeiros lasers de Arseneto de Gálio (AsGa) e Arseneto de Gálio Alumínio (AsGaAl).

A atividade inicial da terapia com laser começou na Europa Oriental, baseada fundamentalmente no trabalho de Endre Mester, considerado o pai da bioestimulação (Baxter, 1991). De acordo com Kitchen (2003), o trabalho de Mester, em animais e pacientes, durante o final da década de 60, serviu de base para que a década seguinte (1970) assistisse à promoção da radiação laser de HeNe, que passou a ser um tratamento utilizado em uma variedade de condições nos países da antiga União Soviética e Oriente, especialmente na China.

No Ocidente, um dos primeiros trabalhos com laser foi realizado em 1973, pelo Dr. Friedrich Plog, do Canadá, que, segundo Baxter (1997), estudou o uso do mesmo na acupuntura.

Embora os equipamentos lasers sejam relativamente novos, eles passaram por enormes avanços e aperfeiçoamentos em muito pouco tempo. Nos últimos anos, a introdução de novos equipamentos no mercado tem contribuído para a aplicação do laser terapêutico como importante instrumento de uso científico e tecnológico.

2.2 Características Físicas

A laserterapia de baixa potência é definida por Kitchen (2003) como a aplicação terapêutica de lasers e diodos superluminescentes monocromáticos com potência relativamente baixa ($< 500 \text{ mW}$) e dosagens inferiores a 35 J/cm^2 ,

consideradas muito baixas para produzir qualquer aquecimento detectável nos tecidos irradiados, o que explica ser essa modalidade de tratamento atérmica, cujos efeitos biológicos ocorrem devido aos efeitos diretos da irradiação e não como resultado do aquecimento.

Os comprimentos de onda utilizados nos lasers terapêuticos estão na faixa do visível e do infravermelho do espectro eletromagnético. A luz visível, vermelha, é representada pelo Hélio-Neônio (HeNe), salientado por Tunér e Hode (1999) como um tipo de laser altamente colimado, quando comparado aos lasers diodos semicondutores, e referido por Guirro e Guirro (2002) como um laser com comprimento de onda de 632,8 nm e regime de trabalho contínuo. Ainda no que se refere à radiação visível, esses últimos autores relatam a disponibilidade no mercado nacional atual do laser Alumínio-Gálio-Índio-Fósforo (AlGaInP), com comprimento de onda de 630 e 685 nm na forma de onda contínua. Já os lasers infravermelhos são constituídos fundamentalmente pelo Arseneto de Gálio (AsGa), com comprimento de onda de 904 nm na forma de onda pulsada, e o Arseneto de Gálio-Alumínio (AsGaAl), com comprimento de onda de 780 e 870 nm na forma de onda contínua.

Dentro da laserterapia de baixa potência cabe ainda ressaltar o uso de *cluster probe*, equipamento produzido pelo mercado internacional, referido por Low e Reed (2001) como uma coleção de diodos lasers, podendo também conter diodos superluminosos, com comprimentos de onda variados que, montados juntos, formam um emissor que pode ser usado para tratar áreas corporais maiores. Nussbaum *et al.* (1994) utilizaram um *cluster probe Intellect 800*, formado por um diodo laser 820 nm e 30 diodos superluminosos (10 de 660 nm, 10 de 880 nm e 10 de 950 nm), ao compararem aplicações de ultra-som/ultravioleta C com laser, durante tratamento de

úlceras de pressão em pacientes com lesão de medula espinhal; concluíram que o US/UVC tem maior efeito que o laser no processo de cicatrização.

Funcionando como uma fonte de luz com características únicas (monocromaticidade, coerência, colimação e polarização), o laser de baixa potência é um importante instrumento de uso terapêutico, científico e tecnológico.

Para Laakso *et al.* (1993), há dúvidas sobre se todas as características inicialmente apontadas são necessárias para criar uma reação fotobiológica em um organismo ou se apenas a monocromaticidade é suficiente para produzir tal reação.

A monocromaticidade indica que a luz emitida pelo laser possui um único comprimento de onda que oscila na mesma frequência e, conseqüentemente, manifesta uma única cor, diferente da luz branca que é formada pela composição de várias cores, cada uma correspondendo a uma frequência determinada. A monocromaticidade é citada por Colls (1988) como uma das principais características físicas da radiação laser, já Kitchen e Bazin (1998) a consideram como sendo o atributo mais importante da luz laser, relacionando-a à interação fotobiológica e aos efeitos terapêuticos específicos.

Segundo Parizotto (1998), a coerência da radiação se refere à sincronia das ondas de luz no tempo e no espaço. Proporciona à radiação um caminho unidirecional para o qual todas as ondas caminham em planos paralelos entre si, de forma ordenada e em fase, ou seja, as depressões e picos das ondas de luz emitida encaixam-se perfeitamente, e assim se mantêm por grandes distâncias.

De acordo com Baxter (1997), a colimação se refere ao alto grau de paralelismo do feixe laser, sendo fortemente responsável pelos perigos oculares gerados pelo mesmo, enquanto a polarização está relacionada à orientação de

todas as ondas no mesmo plano, possibilitando assim a unidirecionalidade do campo elétrico.

Outras características físicas são também importantes, quando se utiliza laser para atividades terapêuticas. Segundo Ortiz *et al.* (2001), os parâmetros que descrevem o laser são o tipo e o comprimento de onda, a potência média e a potência de pico ou radiante, a área irradiada e a forma do feixe, que pode ser contínuo ou pulsado. Outros autores, como Baxter (1998), também incluem como parâmetros a densidade de potência e a densidade de energia, salientando que a reação biológica ao laser pode variar com a alteração de qualquer um desses parâmetros.

O comprimento de onda, de acordo com Nussbaum *et al.* (1999), é um parâmetro fixo, estável, baseado nas características do emissor do aparelho de terapia laser de baixa potência, não podendo ser alterado pelo usuário. O comprimento de onda está relacionado aos emissores de laser, sendo definido pelos seus elementos constituintes, materiais semicondutores ou gases.

A potência, ou seja, a quantidade de energia transmitida por unidade de tempo está diretamente relacionada ao tipo de emissão e à potência real de saída, considerada por Baxter, 1997, como inferior a 1 W nos lasers terapêuticos. A norma IEC 825 - 1, de 1993, no entanto, estabelece que esse limite de emissão acessível para os lasers de classe 3B é de 0,5 W.

No que se refere ao tipo de emissão, evidencia-se que, enquanto uns geradores laser aportam energia de forma contínua (AsGaInP), outros o fazem de forma pulsada, isto é, com tempos muito curtos de emissão e potências (W) maiores. No caso do regime pulsado (AsGa), o tempo de emissão é comparativamente mais

longo, em função de a energia média ser menor. De acordo com Herrero *et al.* (1988), os cálculos de dosificação para as emissões pulsadas variam frente aos lasers de emissão contínua. No caso do laser de emissão contínua, para valorizar a capacidade de aporte de energia, a identificação se fará somente pela potência de emissão. Já nos lasers de emissão pulsada é necessário conhecer a potência média (P_m) calculada pelo produto de três parâmetros: potência de pico (P_p), tempo de emissão (t) e frequência (f), a fim de definir a quantidade de energia produzida. Para esses autores, a densidade de potência é talvez um dos parâmetros de maior interesse na estimulação da resposta celular e na determinação da reação tecidual. No caso dos lasers de baixa potência, a densidade de potência é mensurada em mW/cm^2 .

Segundo Nussbaum *et al.* (1999), para calcular a densidade de potência devem ser conhecidas: a potência óptica total liberada pelo aparelho e a área efetiva de irradiação. Independente da densidade de potência emitida pelo equipamento, outra questão relevante é a área de irradiação cutânea, que pode variar e, conseqüentemente, alterar a densidade de potência, dependendo do uso da técnica de aplicação, em que se pode utilizar ou não o contato do aplicador com a pele. Salientam ainda que a mensuração da potência radiante requer equipamentos especializados, pois, se um laser não fornece exatamente a potência presumida, haverá uma discrepância entre a calculada e a exposta. Quanto à densidade de energia, enfatizam que a mesma não é obviamente uma característica fixa de tratamento, visto ser dependente do tempo, o que pode levá-la a ser manipulada de uma forma bastante abrangente, dependendo do operador.

Baxter (1998) salienta que a densidade de energia é o parâmetro considerado como melhor modo de especificação da dose. Nos lasers de baixa potência, é comumente calculada pela divisão da energia total fornecida por um feixe laser (em Joules) pela área de irradiação (em cm^2), sendo que a faixa de uso mais comum situa-se entre 1 e 12 J/cm^2 .

Para Low e Reed (2001), há uma ampla variação nas indicações sobre a energia ideal para condições diferentes, preconizando que a densidade de energia usualmente depositada situa-se entre 1 a 10 J/cm^2 , embora doses extremamente baixas como 0,5 J/cm^2 e altas como 32 J/cm^2 tenham sido sugeridas.

O estudo de Manzanares *et al.* (1992) expõe o efeito da radiação laser de baixa potência sobre a placa epifisária da cartilagem de crescimento da tíbia de ratos, através do uso do laser HeNe em três diferentes densidades de energia (3.6, 5.4 e 7.2 J/cm^2). Os resultados mostraram ação estimulante na cartilagem de crescimento em todas as densidades utilizadas, sendo mais efetivas em 5.4 e 7.2 J/cm^2 .

A aplicação da radiação laser realizada por Oliveira *et al.* (1999) com laser AsGa e por Amaral *et al.* (2001) com laser HeNe permitiu-lhes concluir que doses de 3 e 10 J/cm^2 , no caso do AsGa, não foram suficientes para promover mudanças morfológicas satisfatórias na regeneração da musculatura esquelética em ratos e a dose de 2.6 J/cm^2 , no caso do HeNe, mostrou ser a mais efetiva no aumento da área da fibra muscular e da densidade mitocondrial. Outras aplicações também foram testadas por Bagis *et al.* (2002), ao estudarem o efeito eletrofisiológico do laser AsGa, salientando que tais aplicações, utilizadas em diferentes densidades de

energia, não geraram efeitos na configuração do potencial de ação e na excitabilidade nervosa.

2.3 Interações Biológicas e Aplicações Terapêuticas

Para entender a interação de qualquer radiação com o tecido biológico é necessário, em primeiro lugar, conhecer a natureza física da radiação e, secundariamente, a natureza biofísica do meio incidente (COLLS, 1988).

Analisando a literatura sobre radiação laser de baixa potência, verifica-se que a complexidade estrutural dos estratos córneos é um dos fatores que dificulta a quantificação tanto da absorção quanto da penetração da radiação laser e que a incidência da mesma sobre o corpo humano proporciona fenômenos de reflexão, absorção, transmissão e difusão.

A primeira interação da luz com a pele acontece na superfície do estrato córneo onde, de acordo com Parrish e Deutsch (1984), cerca de 5 a 7% da radiação incidente é refletida. Segundo Colls (1986), a reflexão pode ocorrer na superfície de cada estrato, devido à diferença no índice de refração dos mesmos.

Para Baxter (1997), a penetração do laser nos tecidos biológicos é definida primeiramente pelo comprimento de onda, secundariamente pela potência do aparelho, além dos fenômenos de dispersão e absorção. Tunér e Hode (1999) salientam que a absorção da radiação laser pelos diferentes tecidos dependerá do tipo de laser usado, porque cada comprimento de onda possui um fototropismo positivo para determinados tecidos.

Como a pele apresenta uma capacidade de reflexão e um coeficiente de absorção específico, para os diferentes comprimentos de onda, há uma relação direta entre o comprimento de onda e a penetração da radiação laser no tecido, ou seja, a penetração será tanto maior quanto maior for o comprimento de onda. Isso é enfatizado por Laakso *et al.* (1993), ao registrarem que, na terapia laser de baixa potência, os pequenos comprimentos de onda, no espectro visível, apresentam maior dispersão e menor profundidade do que os longos, podendo atingir 3,6 mm, alcançando penetração mais profunda somente nos tecidos moles. Salientam, ainda, que os lasers com comprimento de onda maiores, no espectro infravermelho próximo, podem atingir profundidade de 15 mm nos tecidos vivos, sendo, portanto mais utilizados no tratamento de lesões profundas.

De acordo com Boulnois (1986), a reação luminosa nos comprimentos de onda utilizados nos geradores laser de baixa potência é rapidamente absorvida pela melanina na epiderme, pela hemoglobina na derme e pela água em ambas, o que limita em grande parte o seu poder de penetração nos tecidos biológicos, não indo além de poucos milímetros de profundidade.

Segundo Guirro e Guirro (2002), a radiação laser de baixa potência não tem características ionizantes e sua propriedade de indução fotobiológica é capaz de provocar alterações bioquímicas, bioelétricas e bioenergéticas nas células, e tais alterações são consideradas efeitos primários, definidos como sendo as respostas celulares decorrentes da absorção de energia.

Para Colls (1986), a forma de interação da radiação laser com o organismo constitui-se basicamente na incorporação do aporte energético contido no feixe, o que pode promover efeitos bioquímicos como: liberação de substâncias pré-

formadas como a histamina, a serotonina e a bradicinina ou modificações às reações enzimáticas normais, como a produção de ATP e a síntese de prostaglandinas, bem como o aumento de “lise” de fibrina que, segundo o autor, é uma característica específica da radiação laser e determina importantes vantagens nos efeitos terapêuticos.

Em relação ao efeito bioelétrico, são várias as respostas decorrentes da alteração do potencial elétrico, mas como efeito principal Colls (1986) salienta a manutenção do potencial de membrana, que atua como um fator de equilíbrio da atividade funcional da célula.

As respostas decorrentes da radiação laser podem também ser classificadas como secundárias e representam alterações fisiológicas que não afetam somente a unidade celular, mas todo o tecido. Efeitos secundários, relacionados à reparação tecidual, são mencionados nos trabalhos de Parizotto (1998), Oliveira *et al.* (1999), Fischer *et al.* (2000), que enfatizam, principalmente, aspectos relacionados à ação do colágeno e aceleração do processo de cicatrização.

Embora a terapia laser seja amplamente aplicada pelos fisioterapeutas para o tratamento da dor, inflamação e lesões músculo-esqueléticas de seus pacientes, Ortiz *et al.* (2001) salientam que sua tecnologia é relativamente recente e, por isso, ainda está em fase de definição de seus verdadeiros efeitos, aplicações efetivas e limitações.

No que se refere à analgesia, a ação do laser de baixa potência já foi estudada por Navratil e Dylevsky (1997). Os autores mencionam diferentes níveis de ação entre os quais incluem o aumento dos níveis de β -endorfina no líquido espinhal, atuando no limiar de dor através de um complexo mecanismo de bloqueio

eletrolítico das fibras nervosas e dos níveis de serotonina, potente inibidor do sistema nervoso central. Para Simunovic *et al.* (1998), há um incremento na produção de ATP, o que pode resultar no relaxamento muscular e ativação da microcirculação local, resolvendo a isquemia dos tecidos e facilitando a remoção de substâncias algogênicas da área local, bem como do fluxo linfático, diminuindo o edema.

Mokhtar *et al.* (1995) realizaram um estudo comparativo entre os lasers pulsados de 660 e 950 nm, visando a avaliar o que melhor desencadeia o efeito de analgesia em pacientes com dor de origem isquêmica. Nesse trabalho, os autores não encontraram diferenças significativas quanto ao efeito analgésico, quando da utilização dos protocolos propostos, salientando a necessidade de se ampliar a realização de pesquisas direcionadas a essa realidade, bem como seu uso na prática clínica, com a finalidade de obter maiores comprovações de cunho científico.

Kulekcioglu *et al.* (2003) utilizaram a irradiação laser de baixa potência na disfunção têmporo-mandibular e observaram redução da dor, concluindo assim, ser uma boa opção terapêutica. Serafim *et al.* (2003) analisaram a eficiência do laser Arseneto de Gálio (AsGa-904nm) na dor e na limitação da amplitude de movimento da articulação têmporo-mandibular, evidenciaram regressão no quadro algico, bem como melhora da amplitude de movimento da articulação em pacientes com disfunção crânio-mandibular.

Buscando investigar a ação analgésica da terapia laser de baixa potência, TAM (1999) registra uma redução substancial dos sintomas, salientando ser o laser de Arseneto de Gálio um tratamento apropriado na redução da dor em doenças degenerativas e em processos inflamatórios.

Para Naeser *et al.* (2002), em patologias como a síndrome do túnel do carpo, as terapias combinadas de eletroestimulação e laser podem proporcionar redução da dor em virtude do aumento dos níveis de ATP e do consumo de oxigênio em nível celular, aumento da serotonina e de endorfinas, o que também auxilia nos efeitos antiinflamatórios.

No entanto, no que diz respeito à aplicação do laser em processos inflamatórios, considerados significativos do ponto de vista clínico, ainda persistem dúvidas sobre os mecanismos biológicos básicos pelos quais a radiação laser interfere nesse processo. Goats *et al.* (1996) salientam que o efeito do laser de 660 a 950 nm associado à fototerapia proporcionou melhora na mobilidade articular em joelho reumático. No entanto, não houve diferença significativa no processo de analgesia, quando da aplicação de ambos os tratamentos terapêuticos, assim como também não ocorreu alteração no curso de evolução da artrite reumatóide.

A ação biológica do laser no reparo tecidual está bem documentada, sendo também atribuídos a essa modalidade energética efeitos na cicatrização e regeneração músculo-esquelética.

Parizotto (1998), em seu estudo sobre reparação tecidual, demonstrou que a irradiação com laser Hélio-Neônio (HeNe) proporciona um aumento na quantidade de pontes de hidrogênio formadas na molécula de colágeno, além da melhora na organização da estrutura fibrilar e molecular do mesmo.

Ao analisar os efeitos da terapia laser de baixa potência na cicatrização de um trauma fechado, Fischer *et al.* (2000) confirmaram uma redução nos níveis de proteínas contráteis e um incremento nos níveis de colágeno no músculo após a lesão no período de três a doze dias, salientando a necessidade de maior tempo de

estimulação com laser para complementação do processo de cicatrização. Os efeitos dessa terapia também foram objeto de estudo, por parte de YU *et al.* (1997), que analisaram a cicatrização de feridas em ratos diabéticos, concluindo que o laser de baixa potência é eficaz na proliferação celular e no incremento da reparação tecidual.

Já Bibikova e Oron (1994), em experimentos com laser HeNe e AsGa, concluíram que a irradiação laser de baixa potência contribuiu para os processos de regeneração do músculo-esquelético em sapos, salientando que sua ação está diretamente relacionada ao comprimento de onda, tipo e frequência do laser usado.

Aplicações de laser em processos de cicatrização, com destaque à produção de colágeno para o remodelamento de tecidos dos tendões de calcâneo em coelhos após tenotomia, foram avaliadas durante 14 dias por Gum *et al.* (1997), através de um protocolo multiterapêutico usando ultra-som (1MHz, 5 minutos e $0,5 \text{ W/cm}^2$), estimulação elétrica ($f = 120\text{Hz}$ e 3s de sustentação) e laser AsGa (904 nm e $\text{DE} = 1 \text{ J/cm}^2$), e por Reddy *et al.* (1998), ao fazerem uso do laser HeNe (632,8 nm e $\text{DE} = 1 \text{ J/cm}^2$), quando concluíram que houve aumento da síntese de colágeno nos tecidos dos referidos tendões. Gum *et al.* (1997) salientam que, quando aplicados simultaneamente ultra-som/laser, os efeitos do ultra-som podem interferir na ação do laser, ou vice-versa, nos processos de cicatrização dos tendões.

Ao estudarem o efeito da radiação laser HeNe nas propriedades mecânicas da cicatrização de fraturas da tíbia em ratos, Barushka *et al.* (1995) e Luger *et al.* (1998) concluem que os resultados sugerem que a laserterapia de baixa potência pode disputar um papel importante no aumento da cicatrização óssea. Testando o uso do laser AsGaAl no processo de reparação óssea da tíbia de ratos, Marino *et al.*

(2003) enfatizam que a terapia com laser de baixa potência favorece o processo de reparação óssea somente durante os estágios iniciais da reparação.

Carvalho *et al.* (2001), por sua vez, enfatizam a ação do laser HeNe em culturas bacterianas *in vitro*, provenientes de úlceras de decúbito infectadas, registrando que as amostras submetidas à radiação laser, quando comparadas com o grupo controle, apresentaram uma redução média de 48% no crescimento bacteriano.

Tais referências demonstram o empenho dos pesquisadores no estudo das interações biológicas e das diversas afecções patológicas (analgesia, processo inflamatório, cicatrização óssea e reparação tecidual) que podem ser beneficiadas pela ação terapêutica do laser de baixa potência.

2.4 Normas Técnicas – Controle de qualidade dos equipamentos a laser

A utilização do laser de baixa potência na prática terapêutica é uma proposição apoiada em algumas normas técnicas recentes, como a IEC (*International Electrotechnical Commission*) 825 - 1, publicada em 1993, aplicável à segurança dos produtos laser, dando ênfase à classificação dos equipamentos, necessidades e cuidados de fabricação e à sua aplicação, além das orientações aos usuários. Por essas normas, os equipamentos de laser terapêutico – bioestimulantes – são alocados na classe de risco 3B, dentro de uma escala que varia de 1 a 4, a qual pode proporcionar certo risco para os olhos.

Em 1994 foi publicada a Norma Brasileira de Regulamentação NBR – IEC 601 - 1, através da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), cujo objetivo foi estabelecer prescrições gerais para a segurança de equipamentos eletromédicos e servir de base para as prescrições de segurança de Normas Particulares. Por essa norma, são definidos alguns aspectos como: a forma de alimentação elétrica do local de uso, sistema de aterramento adequado dos equipamentos, as condições ambientais e o sistema de classificação dos equipamentos eletromédicos por classes (quanto ao grau de periculosidade), tipo (quanto ao grau de proteção contra choques elétricos) e modo de operação (contínuo e pulsado).

Posteriormente, em outubro de 1997, surgiu uma emenda a essa norma vigente (NBR IEC 601 - 1) que teve por objetivo facilitar a interpretação e aplicação da norma geral, incluindo aspectos adicionais de segurança, como os que determinam a possibilidade de contato físico com o paciente durante a utilização normal dos equipamentos eletromédicos e complementação desses com acessórios que possibilitam um melhor aproveitamento durante a aplicação terapêutica. Nesse mesmo ano, entrou em vigor a NBR IEC 601 – 2 - 22, na qual se encontram as instruções particulares para a segurança de equipamentos terapêuticos e de diagnóstico a laser. Destaca ainda que, no que se refere à dosimetria, a energia laser real, medida no plano de operação através da densidade de energia, e o tempo de emissão devem ficar restritos a 20% dos valores pré-estabelecidos, constatados via sistema de aferição e/ou calibração regulares e adequados a cada comprimento de onda dos lasers terapêuticos.

As diretrizes gerais salientam que a má regulagem ou dano de fornecimento do feixe pode levar a desvios consideráveis da potência laser incidente no paciente,

em relação à potência laser realmente gerada. São também incluídas nessa norma prescrições adicionais que devem ser fornecidas pelo fabricante, tanto relativas à padronização e aceitação internacional de símbolos, como também a informações sobre a utilização pretendida do equipamento.

Pela norma IEC 60825 - 1, edição 1.2 de 2001, está especificado que o equipamento laser deve apresentar um meio visível que indique que está emitindo radiação, possibilitando a tomada de precauções contra radiações prejudiciais e, por isso, alguns critérios devem ser observados no que diz respeito à segurança do paciente e do operador. Deve-se assegurar que ambos utilizem óculos de proteção durante a exposição à radiação laser, adaptados ao comprimento de onda do laser em uso, e a distância de visibilidade mínima entre o anteparo e a córnea deve ser de 13 cm e o tempo de visibilidade máxima de 10 segundos.

Informações e orientações sobre os equipamentos de laser terapêuticos também são enfatizadas pela Secretaria de Vigilância Sanitária, através da Portaria nº 1, de 8 de março de 1996, salientando que, se não aplicados corretamente, e se não estiverem em ótimas condições de uso, os equipamentos podem provocar danos ao paciente, o que reforça a necessidade de aferição e/ou calibração periódica dos mesmos.

Embora exista uma carência de trabalhos relacionados especificamente com a aferição/calibração de equipamentos de laser terapêuticos, tanto a nível nacional como internacional, evidenciada através do levantamento bibliográfico, encontrou-se entre as pesquisas internacionais um interessante trabalho, desenvolvido por Nussbaum *et al.* (1999), salientando a importância da avaliação dos sistemas de terapia laser, ressaltando que, em sua maioria, a potência de rendimento do

equipamento não é uma medida confiável, o que dificulta a reprodução dos protocolos de aplicação clínica. Registram, ainda, não ser de rotina a mensuração periódica dos equipamentos por parte dos usuários.

Problemas relacionados à aferição e/ou calibração de equipamentos não estão restritos aos equipamentos de laser, mas também podem ser evidenciados em diversos trabalhos realizados com ultra-som e ondas curtas.

Nesse sentido, 34 equipamentos de ultra-som usados em Clínicas de Fisioterapia da região de Piracicaba, SP, foram aferidos por Guirro *et al.* (1997), visando a demonstrar a importância e a necessidade da avaliação dos equipamentos fisioterapêuticos, como uma garantia da confiabilidade do sistema de terapia que está sendo empregado. Em pesquisa mais recente, Guirro e Santos (2002) analisaram 48 equipamentos novos de ultra-som terapêutico e constataram que a grande maioria estava fora das especificações exigidas pelas normas vigentes, quanto às intensidades emitidas.

Já Artho *et al.* (2002), ao testarem 83 unidades de ultra-som terapêutico em uso nas clínicas de Fisioterapia, através do processo de calibração do tempo e do rendimento de potência, constataram que mais de um terço dos equipamentos analisados, com relação à potência de saída, e aproximadamente um quarto deles, com relação ao tempo de emissão, estavam fora dos padrões estabelecidos.

No que se refere aos equipamentos de ondas curtas, Cancelieri *et al.* (2000) aferiram 23 equipamentos terapêuticos de ondas curtas, em uso rotineiro nas clínicas de Fisioterapia de Piracicaba, SP e analisaram potência máxima, forma e frequência da onda eletromagnética. Os resultados demonstraram que a frequência

e a potência não estavam dentro dos padrões aceitáveis pelas normas vigentes e que não havia uma rotina de manutenção periódica dos equipamentos.

Equipamentos de ondas curtas, utilizados em clínicas de fisioterapia de Presidente Prudente, SP, também foram objeto de aferição e avaliação, por Teixeira *et al.* (2001), em relação à quantidade de radiação eletromagnética a que o fisioterapeuta está submetido ao tratar seus pacientes. Para isso, foram medidas densidades de potência em pontos próximos ao paciente e ao equipamento, utilizando-se um medidor de densidade de potência (mW/cm^2) *NARDA*, com sensor na faixa de frequência de 10 a 300 MHz. Os resultados demonstraram maiores concentrações da densidade de potência junto aos cabos e ao gabinete dos equipamentos, o que indica que em alguns locais o fisioterapeuta está sujeito a riscos de exposição acima dos valores recomendados ($1 \text{ mW}/\text{cm}^2$) pelos órgãos internacionais.

Alguns tipos de medidores que possibilitam a averiguação da potência média emitida pelos aparelhos de laser também estão descritos na literatura. A indústria *Coherent Auburn Division* (Ca, USA) idealizou uma linha de medidores de equipamentos laser de baixa potência com possibilidade de parametrizar com mais segurança a potência média de emissão desses aparelhos, como o *LaserPad*, um sistema computadorizado que mensura potências de emissão de 10 nW a 5 KW e o *LaserCheck*, facilmente transportável e especificamente designado para fornecer mensurações de potência de $0.5 \mu\text{W}$ a 1W, exibidas de forma clara em um visor. É um instrumento microprocessado, com precisão de 95%, tendo uma abrangência entre 400 a 1064 nm.

Campos e Santarine (1997) descrevem a tecnologia envolvida na fabricação de um detector piroelétrico para aplicações na determinação de energia de feixes lasers (pulsados ou contínuos), utilizando-se do polímero Polifluoreto de Vinilideno (PVDF). A excelente linearidade ($\sim 5\%$) entre o sinal elétrico gerado na saída do detector em função da energia aplicada, a reprodutibilidade das medidas, além do baixo custo de construção e simplicidade de manuseio, são algumas das vantagens desse medidor, segundo os autores.

Já Basford *et al.* (1993), ao estudarem o efeito da irradiação diodo laser de onda contínua 830 nm sobre a função do nervo mediano em sujeitos normais, utilizaram um medidor de potência *Lasersure* (Coherent Lasers S.A.) e Basford *et al.* (2000), analisando os efeitos do laser de baixa potência sobre a irradiação em processos de epicondilite lateral, fizeram uso de um medidor de potência *Coherent 210* durante o processo de calibração de equipamento laser.

Nesse mesmo contexto, Amaral *et al.* (2001), em seu trabalho sobre a dependência da dose do laser HeNe no efeito de regeneração músculo-esquelética em ratos, fez uso de um monitor laser de baixa potência (*Masterfield, Filter Coherent*, Estados Unidos), instrumento usado, segundo o autor, como padrão na calibração tradicional do National Institute of Standards and Technology (NIST).

Ainda Nussbaum *et al.* (1999) salientam a utilização de três sistemas providos de um fotodiodo de silicone de 1 cm^2 como detector da potência óptica em miliwatts. Os equipamentos utilizados foram: um medidor *Ando Eléctric* área espectral de 400 a 1100 nm, com variações na capacidade de mensuração da potência média de 1 nW a 10 nW e dois medidores de potência digital, *Newport 835* com potência média de 5 nW a 2 mW, considerado pelos pesquisadores como o mais avançado

tecnicamente durante a calibragem, e *Newport 815*, com potência média de 2 nW a 2 mW, o que ratifica a existência de vários tipos de sensores capazes de efetuar a aferição e/ou calibração de lasers terapêuticos.

No estudo realizado por Oliveira *et al.* (1999), com AsGa na regeneração músculo-esquelética em ratos, houve a preocupação da aferição da potência emitida. Os autores fizeram uso da calibração através de um monitor laser de potência de energia *Ophir Optronics INC, modelo 3A – P - DGX*, enquanto, Kramer e Sandri (1993), por sua vez, ao avaliarem o efeito da terapia laser de baixa potência combinada com fototerapia, na velocidade de condução sensorial do nervo radial superficial em humanos, utilizaram um medidor de checagem automática *Medilaser 5001*.

3 OBJETIVOS

Geral

- Caracterizar os equipamentos emissores de laser de baixa potência, através da aferição, e analisar os procedimentos empregados na sua utilização em Clínicas de Fisioterapia de Piracicaba (SP) e região.

Específicos

- Mensurar a potência média emitida;
- Caracterizar os equipamentos utilizados na cidade de Piracicaba, SP e região, quanto ao comprimento de onda, tipo de emissor e regime de pulso;
- Verificar a capacitação do usuário quanto aos conhecimentos gerais relativos à aplicação do laser;
- Analisar os procedimentos empregados pelos fisioterapeutas na aplicação do laser na prática clínica.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Buscou-se, inicialmente, encontrar trabalhos sobre a aferição de equipamentos de laser em revistas nacionais e internacionais, em *sites* de pesquisa científica como Medline, PubMed, Scielo e nas mais diversas fontes de cadastro da Bireme dos últimos dez anos; nada foi encontrado sobre o tema aferição/calibração de laser.

Posteriormente, visando a uma maior abrangência sobre o tema aferição, levantaram-se dados sobre autores, tipos de equipamentos laseres, comprimentos de onda, e, principalmente, citação da densidade de energia, potência média e de aferição e/ou calibração em duas publicações anuais, relacionadas à aplicação clínica da radiação laser, selecionadas aleatoriamente em revistas de divulgação científica editadas nos últimos dez anos (1994-2003).

Dando início ao processo de aferição, realizou-se um contato prévio via telefone e, posteriormente, uma visita às clínicas de Fisioterapia da cidade de Piracicaba, SP, e região (Americana, Rio das Pedras e Rio Claro). Foi preenchida uma ficha de cadastro, levantando-se dados de identificação e localização das clínicas, número de equipamentos laseres existentes, sua identificação (marca, modelo, número de série, comprimento de onda, tempo de aquisição/meses e número de pacientes/dia, densidade de energia mais utilizada, data da última

aferição, utilização de óculos de proteção, por parte do paciente e/ou do terapeuta) e disponibilidade para a aferição do equipamento (Apêndice 1).

Durante o período de cadastramento, fez-se a entrega de um questionário aos fisioterapeutas, visando a avaliar as condições de uso dos equipamentos de laser, bem como o conhecimento do fisioterapeuta sobre a utilização dos mesmos. Essa parte da pesquisa foi realizada em três etapas: 1^a) localização e caracterização da população de fisioterapeutas que atuam no mercado de trabalho na cidade de Piracicaba, SP, e região (Americana, Rio das Pedras e Rio Claro), e que dispõem de equipamento de laser; 2^a) elaboração de um questionário contendo perguntas abertas e fechadas a respeito do profissional, do equipamento, dos conhecimentos sobre o equipamento, bem como de sua prática clínica. Nessa etapa foi feito um pré-teste, em que foram enviados 5 questionários e, a partir desses, verificou-se a necessidade de reformular algumas questões para uma melhor compreensão por parte dos fisioterapeutas e 3^a) envio e recolhimento do questionário definitivo para análise posterior (Apêndice 2).

Foram cadastradas 36 clínicas de Fisioterapia, perfazendo um total de 40 equipamentos (Apêndice 3), representados por cinco marcas, distribuídas em quatorze modelos (Tabela 1).

TABELA 1 – Equipamentos de laser terapêutico, distribuídos por marcas, modelos, área do diodo e número, n = 40.

MARCA	MODELO	ÁREA DO DIODO	Nº DE EQUIPAMENTOS
BIOSET	Physio Dual	0,025	4
	Physiolux	0,025	1
CARCI	LaserMed 4090	0,03	2
	LaserMed 4090	0,05	2
IBRAMED	Laser Pulse 942	0,02	2
	Laser Pulse	0,05	3
	Laser Pulse	0,07	1
KLD	Laser Infrared	0,07	4
	LIV 877	0,07	11
	LIV 877B	0,07	1
	LIV 877C	0,07	1
	LIV 907	0,07	1
	LIVM Infrared 904	0,07	6
KW	HeNe Plus	0,0314	1

Para a caracterização dos equipamentos a laser buscou-se avaliar, dentre os comprimentos de onda disponíveis na prática clínica, aspectos como a potência média aferida, número de pacientes atendidos com o equipamento durante a semana, tempo de aquisição, densidades mais usadas (J/cm^2), bem como as densidades de energia obtidas quando se estabeleceram parâmetros como 1, 4 e 7 J/cm^2 , no painel do equipamento.

Os comprimentos de onda não foram medidos, mas retirados dos manuais dos fabricantes, pois para sua medição teria de ser desmontada a caneta de emissão, o que só poderia ser feito por fabricantes especializados. Salienta-se, no entanto, que essa medição não foi necessária para se obter os dados propostos neste trabalho.

Os equipamentos foram aferidos no próprio local de uso por um único examinador. Antes do processo de aferição, verificou-se a voltagem da corrente elétrica da rede e a densidade de energia máxima de cada aparelho a ser testado.

Como padrão, foi feita a limpeza da extremidade do emissor de laser (lente do diodo) para que resíduos não interferissem na leitura da potência média emitida.

O analisador de potência digital, modelo *LaserCheck* (*Coherent*), utilizado nesta pesquisa, foi fornecido sob a forma de empréstimo pela indústria Ibramed, da cidade de Amparo, SP, estando calibrado conforme certificado expedido pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT (Anexos 1 e 2). A faixa de abrangência do *LaserCheck*, no que se refere à potência média é de 0.5 μW a 1W, possibilitando a aferição de equipamentos de laser de baixa potência, com comprimentos de onda entre 400 a 1064 nm (Figura 1).

Para obtenção da potência média emitida, nos comprimentos de onda 670, 830 e 904nm, foi utilizado um fator de correção (1,084; 1,039 e 1,155, respectivamente), estabelecido pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) na intenção de descartar possíveis incertezas na medição.



FIGURA 01 – Analisador de potência digital (*LaserCheck*). A) abertura para recepção da energia eletromagnética, B) teclas de seleção do comprimento de onda e visor digital da potência média ou comprimento de onda (seta).

Para a aferição da potência média, acoplou-se a extremidade do emissor laser, num ângulo de 90°, ao sensor do analisador *LaserCheck* (Figura 2), conforme orientações do fabricante. Foram coletadas três mensurações consecutivas, sendo utilizado o valor médio para compor os resultados.



FIGURA 2 – Procedimento experimental para aferição da potência média.

A correlação entre os valores de potência média aferida e potência média informada pelo fabricante, foi feita em 16 equipamentos lasers que continham todas as informações solicitadas às indústrias.

Independente de a emissão laser ser contínua ou pulsada, os procedimentos para aferição seguiram o mesmo protocolo, uma vez que o instrumento de medição, *LaserCheck* fornecia diretamente a potência média emitida pelos equipamentos.

Com o objetivo de caracterizar as condições de funcionamento iniciais, intermediárias e finais do equipamento em uso, optou-se por testar as densidades de energia 1, 4 e 7 J/cm². Para tanto cronometrou-se três vezes o tempo de emissão da radiação, obtendo-se assim uma média do tempo de emissão em segundos (s) para cada densidade analisada. A verificação do tempo real de emissão do laser, quando da utilização dessas densidades de energia, foi feita através de um cronômetro marca *Tecnos-Quartz*, registro nº 011318 do Laboratório Multidisciplinar do Programa de Mestrado em Fisioterapia – FACIS (UNIMEP).

As densidades de energia foram calculadas através do produto resultante da potência média (W) multiplicada pelo tempo de emissão (s) aferidos, dividido pela área do diodo (cm²).

Caso o fisioterapeuta e/ou o paciente fizessem uso de óculos de proteção à radiação laser, esses eram também aferidos através do *LaserCheck*, para verificação da filtragem do comprimento de onda específico do equipamento em uso, sendo posicionados com a lente sobre a ponteira do sensor e sobre eles o emissor de radiação laser, a 90°. Esse procedimento foi realizado nas densidades de energia de 1, 4 e 7 J/cm², sendo repetido por 3 vezes.

Todos os dados da aferição foram registrados em uma ficha, previamente elaborada, contendo a identificação e localização das clínicas, identificação do equipamento, além de informações adicionais sobre a transmissividade dos óculos (mW ou μ W), potência média emitida (mW ou μ W), densidade de energia (1, 4 e 7 J/cm²) e tempo de emissão (s). Foram levantadas ainda informações referentes à utilização do equipamento, tempo de compra, número de pacientes por dia, densidade mais usada (J/cm²) e data da última aferição (Apêndice 4).

Após o término da coleta de dados foi solicitado às indústrias BIOSET, Indústria de Tecnologia Eletrônica Ltda, CARCI, Indústria e Comércio de Aparelhos Cirúrgicos e Ortopédicos Ltda, IBRAMED, Indústria Brasileira de Equipamentos Médicos Ltda, KW, Indústria Nacional de Tecnologia Eletrônica Ltda e KLD, Biosistemas Equipamentos Eletrônicos Ltda, fabricantes dos equipamentos em estudo, informações técnicas sobre a área de irradiação do diodo, potência média e potência de pico, bem como a frequência e largura do pulso (Apêndice 5), enviadas através de carta registrada com aviso de recebimento (Anexo 3). De todos os

fabricantes, somente a KLD, Biosistemas Equipamentos Eletrônicos Ltda não enviou as informações solicitadas e, no caso da ausência de informações, os dados foram retirados dos manuais de operação específicos do equipamento.

Após a aferição, foi expedido um laudo aos fisioterapeutas sobre as condições técnicas dos equipamentos aferidos, registrando potência média e densidade de energia (1, 4 e 7 J/cm²) em relação aos valores especificados pelos fabricantes ou registrados nos manuais de operação dos respectivos aparelhos (Apêndice 6).

Todos os formulários referentes à coleta dos dados do presente estudo estão arquivados no Laboratório de Recursos Terapêuticos do PPG em Fisioterapia – FACIS – UNIMEP.

4.1 Análise Estatística

A análise dos dados qualitativos foi feita através de estatística descritiva, em que as variáveis categóricas foram apresentadas através de frequências relativas.

A análise dos dados quantitativos foi realizada através do teste Exato de Fischer, em que foi feita a associação entre as categorias potência média aferida com o tempo de aquisição, o número de pacientes atendidos por semana, o número de equipamentos aferidos e não aferidos e as características dos equipamentos (analógico e digital) com nível de significância de 5% ($p < 0,05$), no software Statistical Analysis System, versão 8.0 (SAS, 1995).

As variáveis quantitativas relacionadas às densidades de energia em 1, 4 e 7 J/cm² e a potência média aferida e a informada pelo fabricante foram apresentadas sob a forma de medidas de posição, dispersão e seus estudos comparativos realizados pelo teste de Wilcoxon/Kruskal-Wallis com nível de significância de 5% ($p < 0,05$), no software do JMP (1995).

5 RESULTADOS

Inicialmente serão apresentados os resultados do levantamento bibliográfico realizado nas publicações relacionadas à aplicação clínica do laser terapêutico.

Como pode ser observado na Tabela 2, entre os 20 periódicos registrados, os dois principais tipos de equipamentos utilizados foram o laser Hélio-Neônio (45%) e Arseneto de Gálio (25%). Evidencia-se ainda que a utilização de procedimentos terapêuticos é bastante diversificada no que se refere aos parâmetros físicos da radiação laser, observando-se que a densidade de energia (DE), referida por 90% dos pesquisadores, apresenta valores entre 0,005 a 50 J/cm², enquanto a potência média (Pm), em 75% de citações, está na faixa de 0,005 a 100 mW. No total dos trabalhos analisados, 25% registraram calibração, e apenas 5% fizeram uso de aferição em seus equipamentos a laser, salientando-se ainda que a eficiência dos mesmos é manifestada em 75% dos resultados das pesquisas.

Ainda na Tabela 2, dentre os 6 periódicos que referenciaram aferição/calibração, 4 (66,7%) indicaram eficácia no uso da terapia laser. No que se refere a DE, 18 periódicos a registraram, sendo que 13 (72,2%) apresentaram resultados eficazes em relação a essa terapêutica. E, por fim, dos 15 periódicos em que a potência média foi referenciada, 12 (80%) relataram eficácia. Salienta-se ainda que, entre os 20 trabalhos científicos compilados, 5 (25%) não fizeram referência aos valores da Pm, sendo que 2 deles registraram a ineficácia da radiação laser.

Dos 5 periódicos em que foi referenciada a ineficácia do laser, 3 não salientaram aferição/calibração.

TABELA 2 – Compilação dos trabalhos científicos do período de 1994 a 2003, referentes aos efeitos fisiológicos do laser, relacionados à aplicação clínica, n = 20.

Autor/Ano	Tipo de laser	Comprimento de onda (nm)	DE (J/cm ²) e/ou Pm (mW)	Aferido e/ou calibrado	Resultados
Nussbaum et al./1994	<i>Cluster probe</i>	660, 820, 880 e 950	DE=4 J/cm ² Pm=15 mW	Calibrado	Ineficaz em lesão da medula espinhal.
Bibikova e Oron/1994	HeNe AsGa	632,8 904	DE=31,2J/cm ² ;Pm=6mW DE=0,4J/cm ² ;Pm=0,005mW	-	Promove regeneração do músculo-esquelético de sapos. Ineficaz analgesia no processo de isquemia em humanos.
Mokhtar et al./1995	<i>Cluster probe</i>	660, 820, 880 e 950	DE=31,9 J/cm ² Pm=44 mW/cm ²	-	Ineficaz analgesia no processo de isquemia em humanos.
Barushka et al./1995	HeNe	632,8	DE=31J/cm ² ;Pm=6mW/cm ²	-	Efetivo na reparação de fratura tibial em ratos. Determinada analgesia em 18J/cm ² , 24 horas após estimulação com laser.
Wedlock et al./1996	AsGaAl	820	DE=0.6,12,18 e 24J/cm ² Pm=100 mW	-	Efetivo na reparação de fratura tibial em ratos. Determinada analgesia em 18J/cm ² , 24 horas após estimulação com laser.
Goats et al./1996	<i>Cluster probe</i>	660 a 950	DE=8,1J/cm ²	-	Combinado a outras terapias, efetivo na artrite reumatóide. Melhora na síntese de colágeno do tendão de Aquiles de coelho.
Gum et al./1997	AsGa	904	DE=1 J/cm ²	-	Eficaz na proliferação celular e no incremento de reparação tecidual.
Yu et al./1997	HeNe	630	DE=5J/cm ² ;Pm=0,8mW	Aferido	Auxilia regeneração e facilita produção de colágeno no tendão. Auxilia processo de cicatrização óssea de ratos.
Reddy et al./1998	HeNe	632,8	DE=1J/cm ²	-	Auxilia regeneração e facilita produção de colágeno no tendão. Auxilia processo de cicatrização óssea de ratos.
Luger et al./1998	HeNe	632,8	Pm=35 mW	-	Auxilia processo de cicatrização óssea de ratos.
Oliveira et al./1999	AsGa	904	DE=3 e 10J/cm ² ; Pm=1,5 mW	Calibrado	Dose de 10 J/cm ² promove ganho de peso corporal na célula de ratos. Efetiva redução da dor em humanos.
Tam/1999	AsGa	904	Pm=10 mW	-	Efetiva redução da dor em humanos.
Fisher et al./2000	HeNe	632,8	DE=1 J/cm ²	-	Ineficaz no tratamento de traumas fechados agudos.
Basford et al./2000	Nd: IAG	-	DE=12,24 J/cm ²	Calibrado	Ineficaz no tratamento da epicondilite lateral. Dose de 2,6 J/cm ² aumenta área da fibra e densidade mitocondrial.
Amaral et al./2001	HeNe	632,8	DE=2,6, 8,4 e 25J/cm ² ; Pm=2,6 mW	Calibrado	Amostra de cultura teve redução no crescimento bacteriano. Efetivo na síndrome do túnel do carpo.
Carvalho et al./2001	HeNe	632,8	DE=4 J/cm ² ; Pm=2,6 mW	Calibrado	Amostra de cultura teve redução no crescimento bacteriano. Efetivo na síndrome do túnel do carpo.
Naeser et al./2002	HeNe AsGa	632,8 904	Pm=15 mW (HeNe) DE=32,6 J/cm ² (AsGa)	-	Ineficaz na configuração do potencial de ação e na excitação nervosa.
Bagis et al./2002	AsGa	904	DE=0,005 a 25J/cm ² ; Pm= 0,025 a 0,76 mW	-	Ineficaz na configuração do potencial de ação e na excitação nervosa.
Kulekcioglu et al./2003	AsGa	904	DE=3 J/cm ² Pm= 17 mW.	-	Eficaz na redução da dor.
Marino et al./2003	AsGaAl	830	DE=5 e 50 J/cm ² ; Pm=60 mW.	-	Reparação óssea durante estágios iniciais da fratura em ratos.

Quanto à aferição dos equipamentos, a partir do proposto na metodologia deste trabalho, serão apresentados nesta sessão os dados referentes à potência média (mW) aferida de 40 equipamentos laser de baixa potência formados por 5 marcas e 14 modelos (Tabela 1).

Pela análise da Figura 3, evidencia-se que 30 equipamentos (75%) da amostra apresentam potências médias entre 3 μ W e 5,6 mW e apenas 3 equipamentos (7,5%) possuíam potências médias acima de 25 mW. Cabe destacar que a potência média foi inexistente para 7 equipamentos aferidos (17,5%).

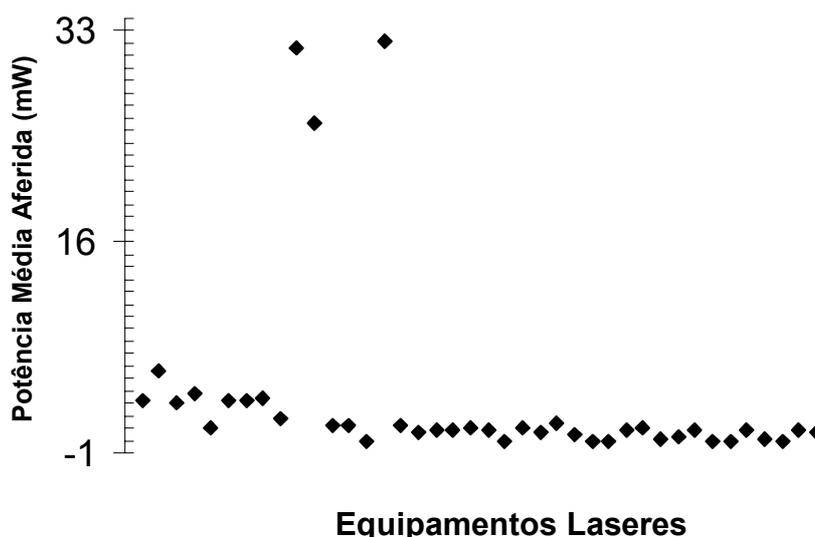


FIGURA 3 – Potência média aferida (mW) nos diferentes equipamentos de laser terapêutico, n = 40.

Com o propósito de conhecer o desempenho dos equipamentos, foram correlacionados os valores da potência média aferida e da informada pelo fabricante. Cabe ressaltar que, como um dos fabricantes não respondeu às informações solicitadas (KLD Biosistemas Equipamentos Eletrônicos Ltda), somente 16 equipamentos foram analisados. Observar-se, na Figura 4, que 50% dos equipamentos analisados deveriam apresentar potências médias entre 4,2 e 19,2

mW, considerando-se os dados informados pelo fabricante. Esse fato, no entanto, não foi verificado quando da aferição, na qual se observou que 50% dos 16 equipamentos estão entre 1,1 e 5,1 mW. Analisando-se a potência média aferida e a informada pelo fabricante, nota-se uma diferença significativa nessa amostragem de equipamentos.

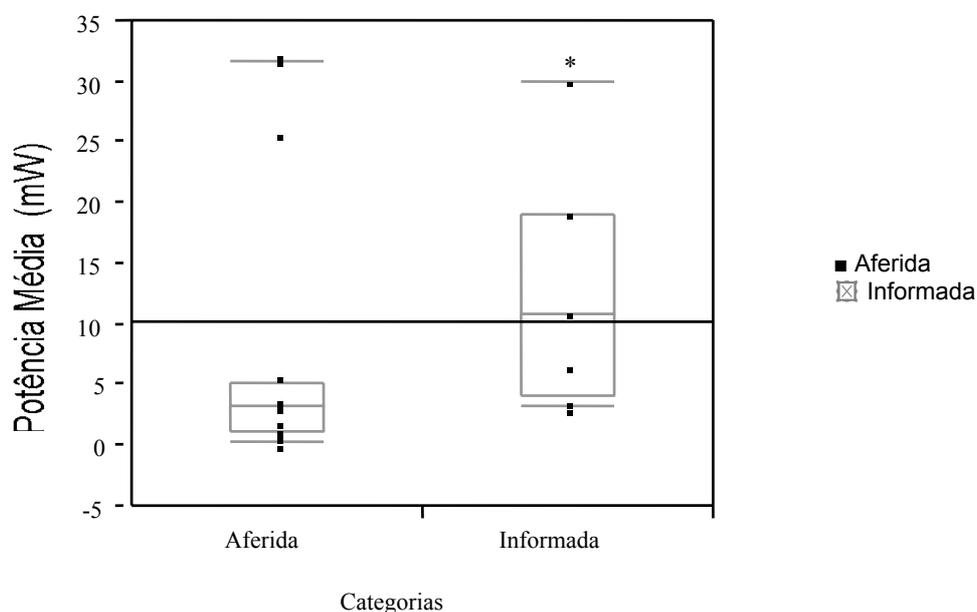


FIGURA 4 – Valores medianos da potência (mW) aferida e informada pelo fabricante, nos diferentes equipamentos de laser terapêutico, n = 16, * p < 0,05.

Em seqüência, estabeleceram-se os percentuais de diferença das potências médias aferidas em relação às informadas pelos fabricantes, quando se evidenciou, através da Figura 5, que 50% dos equipamentos têm perda superior a 67%, 25% têm perda acima de 81%, e 25% têm perda abaixo de 48%. Destaca-se que ainda se encontram, nesta figura, equipamentos nos extremos, isto é, com 0% ou 100% de variação entre as referidas potências.

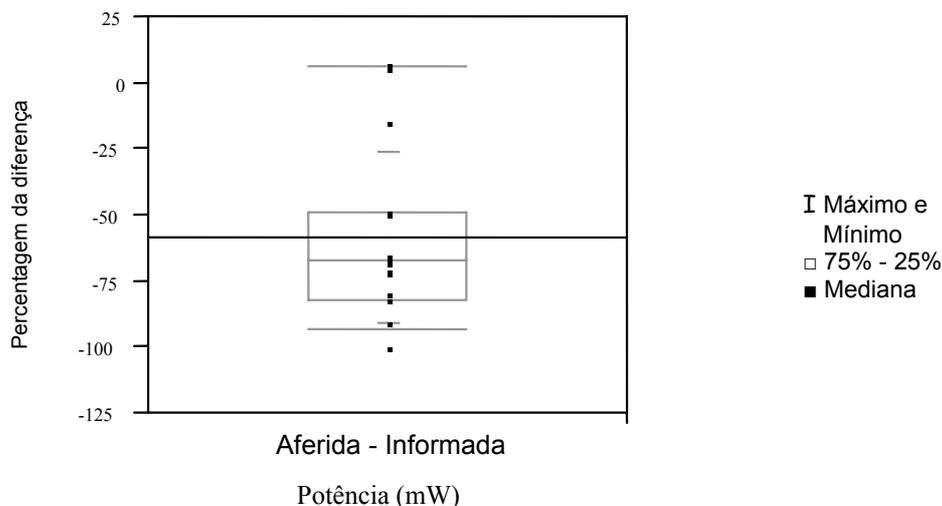


FIGURA 5 – Percentagem da diferença das potências médias aferidas em relação às informadas pelos fabricantes, n = 16.

Como apresentado no Apêndice 3, observa-se que 24 equipamentos da indústria KLD apresentam as potências de pico (W), de forma não precisa (15 ou 30 ou 45 W), sendo essas informações retiradas dos manuais dos respectivos aparelhos, onde, por exemplo, o modelo LIV 877 permitia o acoplamento de diferentes emissores, os quais, por sua vez, podiam conter diferentes diodos. Esse fato é bastante preocupante, uma vez que o profissional, usuário do aparelho, desconhecia a potência de seu equipamento.

A partir dos dados obtidos sobre as potências médias, foram investigados outros parâmetros para uma melhor caracterização das reais condições em que se encontravam os equipamentos utilizados na prática clínica. Para tanto, foram aferidos os tempos de emissão em 1, 4 e 7 J/cm², na intenção de serem calculadas as respectivas densidades de energia, não tendo sido comparados os tempos de emissão aferidos com os do fabricante, tendo em vista que os mesmos, quando

questionados, não têm certeza se estes estão de acordo com as especificações de produção dos equipamentos.

A mensuração dos tempos de emissão permitiu calcular as densidades médias emitidas, levando-se em consideração a potência média aferida e a área do diodo. Nesse contexto a densidade de energia em 1 J/cm^2 , como mostra a Figura 6, não apresenta uma linearidade em sua emissão, tendo densidades que variam entre $0,01$ e 7 J/cm^2 , sendo que a maioria dos equipamentos apresenta $0,1 \text{ J/cm}^2$. Deve ser enfatizado que 7 equipamentos (17,5%) não emitiam densidade alguma.

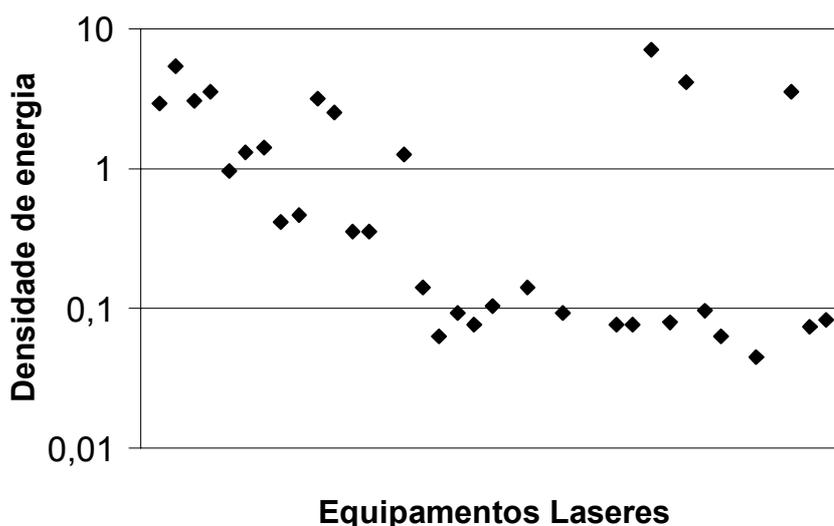


FIGURA 6 – Densidade de energia média, calculada para o valor de referência 1 J/cm^2 nos diferentes equipamentos lasers aferidos, $n = 33$.

Ao analisar-se a Figura 7, que demonstra os valores calculados para a densidade de energia em 4 J/cm^2 de 33 equipamentos (82,5%), nota-se que há uma acentuada variação entre os valores obtidos e os esperados, com uma concentração entre $0,1$ e 8 J/cm^2 . Cabe ressaltar que não estão apresentados 7 equipamentos (17,5%) por inexistência da emissão de energia nessa densidade.

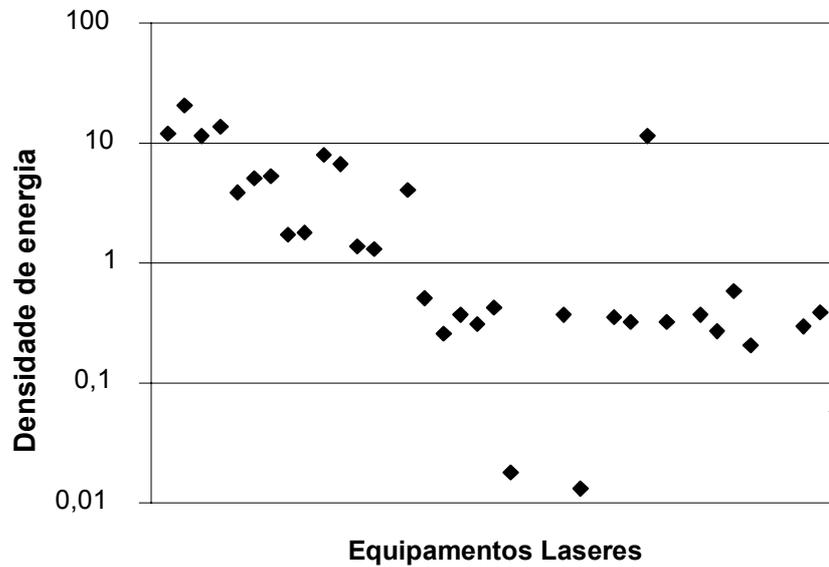


FIGURA 7 – Densidade de energia média, calculada para o valor de referência 4 J/cm^2 nos diferentes equipamentos lasers aferidos, $n = 33$.

Já a densidade de energia em 7 J/cm^2 , apresentada na Figura 8, evidencia nos 22 equipamentos que a maioria dos valores estão na faixa de $0,5$ a 10 J/cm^2 . Deve-se destacar que, do total de equipamentos aferidos, em 6, inexistia a emissão, e em 12, não havia a densidade de energia de 7 J/cm^2 em seu painel.

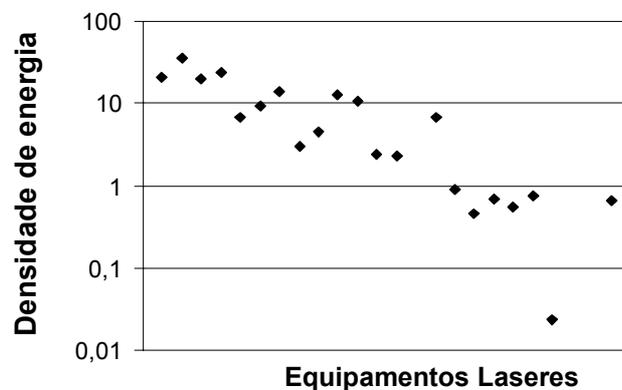


FIGURA 8 – Densidade de energia média, calculada para o valor de referência 7 J/cm^2 nos diferentes equipamentos lasers aferidos, $n = 22$.

Evidenciando-se discrepâncias entre as densidades de energia calculadas e as densidades de energia esperadas, buscou-se delinear o comportamento das mesmas através de dados fornecidos pelos fabricantes, em 16 equipamentos deste estudo. Pode ser observado na Figura 9 que as densidades de energias calculadas em 1, 4 e 7 J/cm², nesses equipamentos, quando comparadas com as respectivas informadas indicam uma diferença significativa. Chama a atenção o fato de que os valores medianos aferidos estão próximos aos indicados no painel do equipamento, enquanto os valores medianos informados apresentam-se bastante acima em todas as densidades de energia, como pode ser evidenciado em 1 J/cm² (288%), em 4 J/cm² (247%) e em 7 J/cm² (249%).

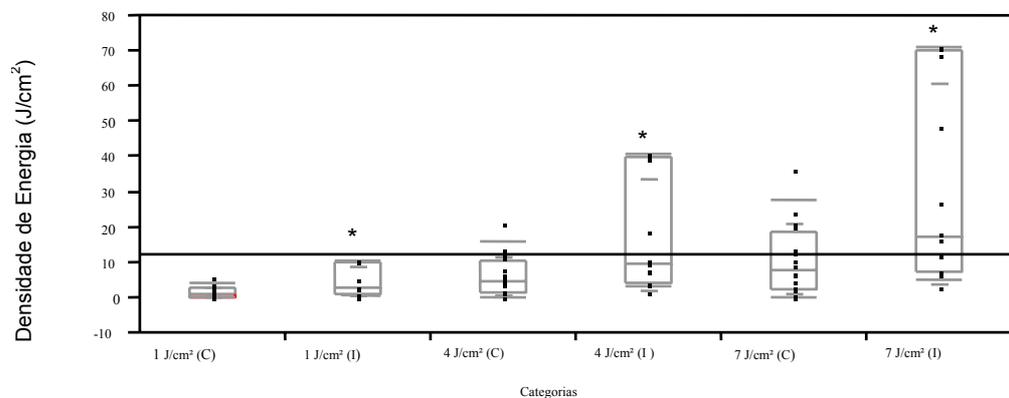


FIGURA 9 – Comparação entre as densidades de energia calculadas (C) e informadas pelos fabricantes (I) em 1, 4 e 7 J/cm², n = 16, * p < 0,05.

Quanto aos resultados pertinentes à análise de associação das categorias (Apêndice 7), realizada em 37 equipamentos, verificou-se que, quando a potência média aferida (≤ 1 mW ou > 1 mW) foi associada à tecnologia apresentada pelo equipamento (analógico ou digital) ou ao tempo de aquisição (≤ 5 anos ou > 5 anos) houve significância. Observa-se que as potências menores estão relacionadas à tecnologia analógica, ao passo que as potências maiores estão relacionadas à

tecnologia digital. O mesmo padrão ocorre com relação ao tempo de aquisição, isto é, as potências menores estão relacionadas aos equipamentos adquiridos há mais de 5 anos e as potências maiores aos adquiridos anteriormente a esse período.

No entanto, quando a potência média aferida foi associada ao número de pacientes atendidos por semana (≤ 15 ou superior a 15) ou à condição de manutenção (aferido ou não aferido), não houve diferença significativa. Nesses casos cabe destacar que o número de pacientes atendidos por semana bem como os procedimentos de aferição não se relacionaram com o nível de potência.

Os resultados referentes à aplicação do questionário, com o qual se buscou a análise do conhecimento e dos procedimentos empregados pelos fisioterapeutas, quando da utilização do equipamento a laser nas Clínicas de Fisioterapia, permitiram observar que os principais lasers utilizados são o AsGa (70,5%) e o HeNe (23,5%). Quanto à diferença entre os conceitos aferição e calibração constatou-se que, dos 37 fisioterapeutas que responderam a essa questão, 22 afirmaram saber a diferença entre esses conceitos, e, desses, 59,1% sabiam defini-los corretamente. Do total de 41 profissionais questionados, 46,3% afirmaram que o laser já havia sido aferido ou calibrado pelo menos uma vez, porém esse procedimento não era periódico para a maioria dos entrevistados. Fato preocupante relaciona-se à grande percentagem de profissionais que nunca aferiram seus equipamentos (19,5%) ou que não responderam a essa pergunta (34,2%).

Ainda na tentativa de se obterem alguns dados importantes em relação aos procedimentos empregados na prática clínica foram solicitadas algumas informações, como manuseio e tempo de aquisição do equipamento, número de pacientes atendidos por semana e densidades mais utilizadas.

Quanto ao manuseio do equipamento laser, a grande maioria, 29 (70,7%) dos entrevistados, diz que se consideram aptos a manuseá-lo. Entretanto, esse dado se mostrou contraditório quando 24 (58,5%) afirmaram não possuir conhecimentos suficientes para determinar a dosagem correta. Ficam restritos apenas à prática clínica e/ ou ao manual do equipamento, que nem sempre cumpre as especificações estabelecidas através de normas como a IEC 60825 - 1 de 1998 e a IEC 60825 - 1 de 2001, principalmente no que se relaciona a parâmetros como: tempo de emissão, potência real de saída e limite de emissão acessível.

Os períodos de aquisição dos equipamentos são bastante amplos na amostra analisada. Observa-se na Figura 10 que há um intervalo de 120 meses entre os dois extremos. Do total de 40 equipamentos, 60% foram adquiridos há mais de 60 meses e aproximadamente 10% têm cerca de 120 meses de obtenção. Os profissionais justificam sua aquisição, principalmente, como mais um recurso terapêutico a ser utilizado, em razão de suas respostas antiinflamatória, circulatória, analgésica e regenerativa.

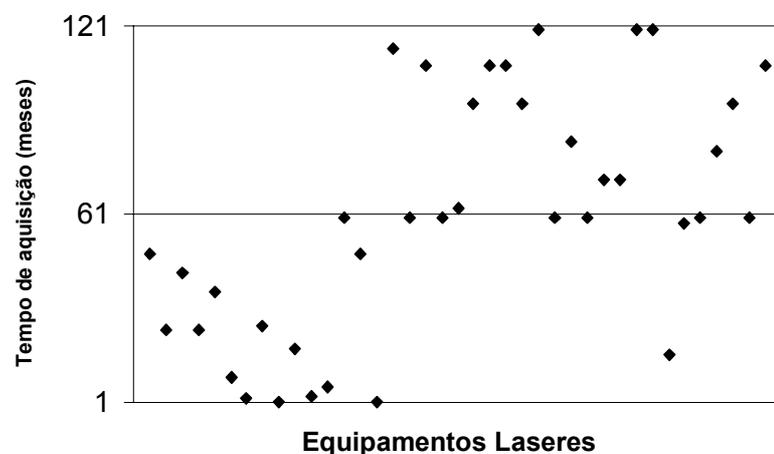


FIGURA 10 – Tempo de aquisição (meses) dos diferentes equipamentos de laser terapêutico, n = 40.

Quanto ao número de pacientes que utilizam a terapia laser por semana, como procedimento terapêutico, pode-se constatar que mais de 50% dos aparelhos são utilizados em menos de 20 aplicações por semana, sendo que, do total de equipamentos, 6 estão fora de uso, sendo um equipamento utilizado em aproximadamente 150 aplicações por semana (Figura 11). Quando questionados sobre o tempo reservado para a utilização de laser durante uma sessão de tratamento terapêutico, 30 (73,2%) dos 41 fisioterapeutas estabeleceram tempos que variam de 1 a 10 minutos por aplicação, dependendo da patologia a ser tratada, tendo como principais locais de aplicação os tendões, os músculos e os ligamentos.

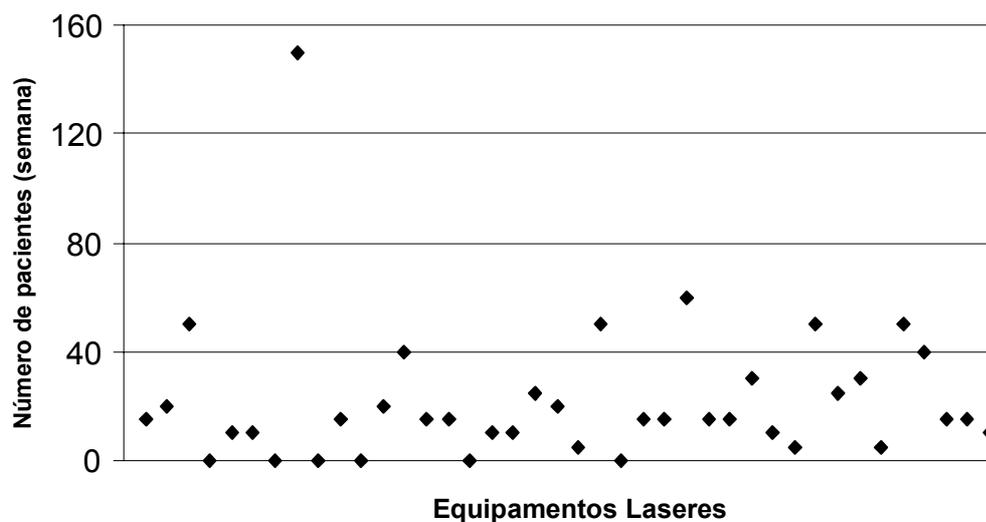


FIGURA 11 – Número de pacientes atendidos (semana) nos diferentes equipamentos de laser terapêutico, n = 40.

Com relação à densidade de energia, pode-se observar que a mais utilizada na prática clínica está entre 2 a 4 J/cm², relatada por 86,1% dos profissionais, com uma maior predominância de 3 J/cm². Por sua vez, 4 usuários não responderam sobre a densidade de energia mais utilizada, por não estarem utilizando o equipamento há algum tempo (Figura 12).

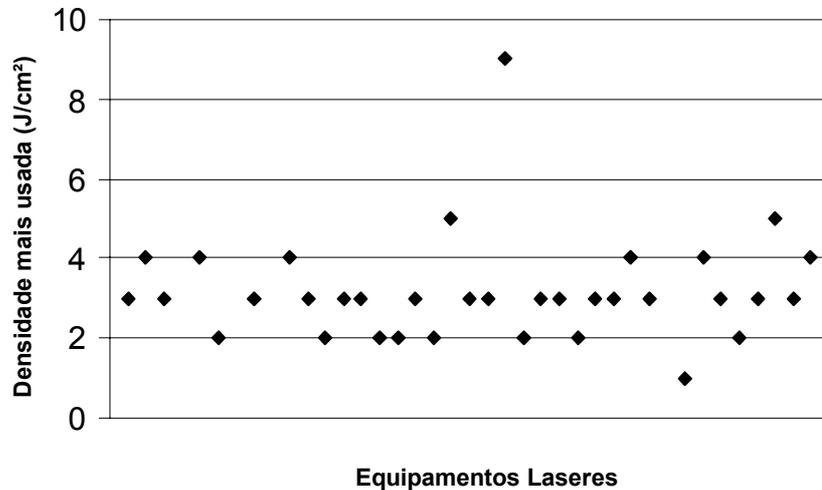


FIGURA 12 – Densidade de energia mais utilizada (J/cm²) nos diferentes equipamentos de laser terapêutico, n= 36.

Ao final da aferição, também foram levantadas as condições dos óculos de proteção, quando expostos às densidades de energia 1, 4 e 7 J/cm², no qual foi analisada a capacidade de bloquear os diferentes comprimentos de onda dos equipamentos aqui pesquisados. Das 36 clínicas avaliadas, apenas 7 (19,4%) apresentavam óculos de proteção tanto para o fisioterapeuta quanto para o paciente e 3 (8,3%) utilizavam óculos somente para o fisioterapeuta, sendo que, quando aferidos, todos eram capazes de bloquear completamente a energia irradiada.

6 DISCUSSÃO

Na caracterização dos equipamentos de laser de baixa potência e dos procedimentos terapêuticos empregados na sua utilização em clínicas de Fisioterapia da região de Piracicaba, SP, realizada através do levantamento dos artigos publicados entre 1994-2003 e dos dados resultantes desta pesquisa, ficou evidenciado que a aferição/calibração não constitui uma atividade rotineira, tanto em nível de pesquisa como na prática terapêutica clínica, notando-se, inclusive, um certo desconhecimento da necessidade de realização periódica desses procedimentos. Evidencia-se, com isso, um descaso por parte de muitos fisioterapeutas quanto às recomendações da Secretaria de Vigilância Sanitária, Portaria nº 1, de março de 1996, e da NBR IEC 601-1, de 1994, que salientam a necessidade de aferição dos equipamentos eletromédicos no mínimo a cada 12 meses.

Ainda nesse contexto, é importante que pesquisadores e profissionais que atuam na prática clínica estejam atentos e conscientes em relação à manutenção adequada de seus equipamentos, evitando, com isso, infringir os princípios de ética do profissional fisioterapeuta, salientados na resolução COFFITO 10, Capítulo I, Artigos 2º e 5º do Código de Ética Profissional dos Fisioterapeutas, que confere ao profissional a responsabilidade de prover e manter a adequada assistência ao

cliente, assim como estar sempre atualizado em busca de maiores conhecimentos técnico-científicos e culturais em benefício do cliente e de sua atuação profissional.

Porém, não é somente o profissional fisioterapeuta que deve se ajustar aos princípios éticos, mas também as empresas fabricantes devem respeitar esses princípios, buscando colocar no mercado equipamentos que funcionem adequadamente, cuja segurança em relação ao profissional e aos usuários do serviço seja preservada, garantindo dessa maneira, a confiabilidade do uso do laser na prática clínica.

Quanto à relação dose/resultado, observa-se, através da análise da tabela 2, que não há consenso entre os valores da densidade de energia e potência média pré-estabelecidos, mesmo que o objetivo seja idêntico, como, por exemplo, redução da dor. Isso evidencia que os parâmetros de tratamento são determinados empiricamente, o que impossibilita estabelecer a dose efetiva para a referida patologia, bem como para as demais, entre os periódicos compilados.

Ainda na tabela 2, pode-se inferir que a ineficiência do laser, resultante de alguns experimentos, deve estar relacionada ao fato de os parâmetros utilizados não terem atingido limiares de estimulação e seus autores terem tirado conclusões precipitadas. Essa questão também é mencionada por Tunér e Hode (1998), ao enfatizarem que densidades de energia muito baixas poderiam interferir nos resultados da terapia com laser. Deve ser mencionado ainda que algumas áreas de aplicação do laser estão muitas vezes relacionadas a disfunções de tecidos profundos, dificultando assim a resposta ao estímulo. A ausência de aferição/calibração dos equipamentos também pode comprometer a resposta

terapêutica. Dessa forma, grande número de periódicos citados nesse levantamento não deveria servir de embasamento para trabalhos posteriores.

Ainda nesse contexto, deve ser mencionado que a eficácia ou não da terapia com laser é também questionada por Tunér e Hode (1998), especificamente no caso do uso de *cluster probe* durante o experimento, pois se torna difícil determinar, segundo os autores, quais comprimentos de onda foram efetivos, quais foram ineficazes ou se todos os comprimentos de onda influenciam positivamente ou adversamente os resultados.

Medidas preventivas de atuação com equipamentos de laser, como o uso de óculos de proteção adequados a cada tipo de laser, tanto por parte do paciente como do terapeuta, registradas por Basford *et al.* (1998), também foram questionadas nessa pesquisa, pois a utilização das mesmas constitui uma exigência referenciada na norma IEC 825 -1, de 1993 que também estabelece distâncias de 13 cm para a proteção dos olhos em relação ao feixe de emissão. Verificou-se, porém, que essa exigência nem sempre é cumprida, pois das 36 clínicas visitadas, apenas 27,77% apresentaram óculos de proteção, para o fisioterapeuta e paciente ou apenas para o fisioterapeuta, o que constitui, sem dúvida, um descuido do profissional não só em relação a si próprio mas, principalmente, no que diz respeito ao paciente.

Os dados de aferição dos equipamentos laser, obtidos neste estudo, não podem ser comparados aos resultados de outros experimentos, tendo em vista que não foram encontrados trabalhos que sigam essa linha de pesquisa. No entanto, a importância da aferição/calibração já foi demonstrada em pesquisas que analisaram outros tipos de equipamentos terapêuticos como, por exemplo, o ultra-som (GUIRRO

e SANTOS, 2002 e ARTHO *et al.*, 2002) e o ondas curtas (CANCELIERI *et al.*, 2000). Nessas, também foi constatada a presença de vários equipamentos com parâmetros fora das especificações exigidas pelas normas vigentes, indicando ser a aferição/calibração fundamentais para avaliar a confiabilidade dos equipamentos terapêuticos em relação a valores de parâmetros especificados pela fábrica.

A partir da aferição constatou-se que na maioria dos 40 equipamentos pertencentes a clínicas de Fisioterapia da cidade de Piracicaba, SP, e região, as potências médias estavam em níveis muito baixos, ou até mesmo inexistentes, o que significa, neste último caso, que os equipamentos não emitiam densidade alguma, sendo totalmente inócuos, verdadeiros placebos.

Quando comparados os valores de potência média aferidos com os especificados pelos fabricantes, percebe-se que 75% dos equipamentos aferidos apresentam perdas de potência média superiores a 67% em relação às informadas pelos fabricantes. Evidencia-se ainda que apenas 3 desses equipamentos estão dentro das especificações indicadas pelos fabricantes, o que pode ser explicado por se tratar de equipamentos mais atualizados, adquiridos nos últimos 19 meses. Cabe salientar que se trata de projetos tecnológicos mais avançados, microprocessados, já submetidos aos processos de certificação exigidos pela norma NBR IEC 601 – 2 - 22 de 1997, utilizando diodos com comprimento de onda de 670 e 830 nm, recentemente introduzidos no mercado nacional.

Os equipamentos aferidos apresentam um decréscimo de sua potência média. Nussbaum *et al.* (1999) salientam que diferenças entre os valores de potência média aferida e a informada pelos fabricantes, mesmo aparentemente

pequenas, podem proporcionar modificações na densidade de energia ou dose e, conseqüentemente, alterações nos resultados esperados na terapia.

Isso pode ocorrer por não se adotarem procedimentos para uma correta aferição/calibração nesses equipamentos, o que, segundo Guirro e Santos (2002), acontece principalmente pela falta de cultura metrológica entre os usuários, pelo número restrito de equipamentos de medição disponíveis e por não haver até o momento uma normatização em âmbito nacional que regulamente procedimentos de aferição para os usuários.

Na análise de associação das categorias, observou-se uma significativa diferença entre a potência média aferida e a tecnologia apresentada pelo equipamento, demonstrando que os microprocessados apresentam potências médias superiores aos analógicos. Isto se justifica pelo fato de que o desenvolvimento tecnológico possibilitou melhorias nos processos de produção e manutenção desses equipamentos. Nesse mesmo contexto, a associação do tempo de aquisição com a potência média aferida vem ratificar a questão tecnológica, pois equipamentos mais velhos apresentam potências menores. Deve-se destacar que as indústrias nacionais desenvolveram projetos de equipamentos microprocessados recentemente para cumprir as exigências das normas NBR IEC 601 - 1 e NBR IEC 601 - 2 - 22, as quais possibilitam que esses equipamentos sejam encaminhados para a certificação.

Todas essas condições vêm reforçar a necessidade de manutenção periódica, fato não observado na grande maioria dos equipamentos analisados (73%). A não-periodicidade de manutenção, evidenciada inclusive na literatura (MOKHTAR *et al.*, 1995 e BAGIS *et al.*, 2002), bem como o uso rotineiro, podem

levar a uma diminuição da potência média emitida pelo equipamento, fato não observado nesse estudo, uma vez que as categorias aferido ou não-aferido e as referentes ao número de pacientes por semana não mostraram ser significativas quando associadas à potência média aferida.

Esses fatos remetem a uma discussão importante na qual deve ser considerada a qualidade da manutenção, já que equipamentos aferidos não apresentam maiores potências médias, quando comparados aos não aferidos, sugerindo que a aferição não é suficiente para elevar a potência média. Isso reforça o fato de que o equipamento aferido não deve garantir efetividade terapêutica, fato esse que merece maiores investigações.

Deve ser enfatizado que a manutenção necessita ser realizada exclusivamente por empresas devidamente credenciadas pelas indústrias fabricantes, cumprindo as exigências das normas vigentes. Não pode, por sua vez, ser descartada a possibilidade de que, mesmo as manutenções sendo realizadas por empresas credenciadas, os projetos dos equipamentos não permitam o restabelecimento da potência média nas condições esperadas, conforme as especificações dos fabricantes, ou por estar restrita ao projeto inicial do equipamento. Esse impasse já foi registrado por Martins, 2001, quando da aferição de equipamentos de ultra-som terapêutico, antes e após o envio dos mesmos às assistências técnicas credenciadas, quando o autor observou que alguns equipamentos de ultra-som terapêutico retornavam da assistência técnica fora dos padrões esperados.

Sabe-se que há uma ampla variação nas recomendações sobre a energia ideal para diferentes condições. Quando questionados, durante o processo de

aferição, sobre as densidades de energia mais usadas em suas atividades terapêuticas, os fisioterapeutas citaram como valores usuais as densidades de energia entre 2 a 4 J/cm² com predominância da densidade de 3 J/cm², o que está incluído entre os valores estabelecidos por Baxter (1998) e Low e Reed (2001) que vão de 1 a 12 J/cm² e 1 a 10 J/cm², respectivamente.

A densidade de energia ou dose deve ser calculada precisamente para estabelecer diretrizes de tratamento em lesões específicas. A reprodução de protocolos de laser seja para pesquisa ou para aplicação clínica, é impossível se as dosagens forem calculadas imprecisamente (NUSSBAUM *et al.*, 1999). Já para Ortiz *et al.* (2001) a dosimetria ótima para terapia com laser é ainda desconhecida, sendo, portanto uma questão que suscita dúvidas, e, por isso, precisa de muito estudo para que se possam determinar parâmetros ideais de aplicação. Segundo Beckerman *et al.* (1992), a dose de laser depende de vários fatores, como, por exemplo, da distância entre a pele e o aparelho, da profundidade do tecido tratado, do tipo de fonte de laser, da divergência do feixe, da reflexão, transmissão e absorção, o que dificulta estabelecer padrões de dosagem laser que se apliquem a qualquer caso ou situação. O que existem são critérios, como os instituídos por Colls (1986), em seu livro *La Terapia Laser Hoy*, para efeitos analgésico, antiinflamatório, cicatrizante e circulatório, referindo-se a diferentes níveis de dosagem de acordo com o estágio do processo inflamatório.

Entretanto, o que se observa na prática clínica é um percentual relativamente elevado de fisioterapeutas que, por não possuir conhecimentos suficientes para determinar a dosagem correta, ficam restritos aos manuais dos equipamentos, acreditando que tudo que está escrito nos mesmos exprime uma verdade técnica e,

por isso, tendem a aceitar tais padrões como certos e incontestáveis, deixando, inclusive, de buscar nas literaturas científicas novas informações que possam lhes sugerir melhores adequações a sua prática clínica.

A necessidade de atualização profissional é uma exigência para quem deseja prestar um serviço de qualidade no atual mercado de trabalho, e, para isso, o fisioterapeuta deve buscar não apenas as informações contidas nos manuais técnicos, mas, principalmente, comprovações científicas que possam trazer maiores conhecimentos para sua atividade profissional. Nesse sentido, Sampaio *et al.* (2002) enfatizam que a Fisioterapia adota um modelo de ensino voltado à transmissão de informações relacionadas a técnicas de tratamento, não valorizando, devidamente, as informações científicas nos cursos de graduação, não estimulando com isso os futuros profissionais a conduzir uma prática clínica baseada em orientações científicas relevantes. Aprofundando essa discussão, Guirro e Guirro (2002) destacam que o conhecimento sobre terapia laser, adquirido tanto na formação quanto na experiência profissional, irá possibilitar ao profissional, por exemplo, questionar o fabricante, quando da aquisição de um equipamento, sobre a potência média e a de pico, para saber se há correlação da potência emitida nos equipamentos de fibra óptica ou, ainda, qual a vida útil de uma caneta emissora de laser.

Quando calculadas as densidades de energia para os valores 1, 4 e 7 J/cm², a partir dos dados aferidos, evidenciou-se uma acentuada variação entre os valores obtidos e os estabelecidos no painel do equipamento, o que nos levou a delinear o comportamento das mesmas em relação às densidades de energia informadas pelos fabricantes. Observou-se, então, uma discrepância entre os valores das densidades

de energia calculadas e as informadas, cujos valores medianos apresentam uma grande variação, próxima a 250%, fato esse que repercute no não cumprimento dos padrões fixados pela norma NBR IEC 601 – 2 - 22 de 1997, que institui que a densidade de energia e o tempo de emissão não devem ultrapassar $\pm 20\%$ dos valores pré-fixados pelos fabricantes.

Outro fator que pode estar contribuindo para esses resultados é a diversidade da amostra, tendo em vista que foram utilizados nessa pesquisa equipamentos de diferentes marcas e modelos, com potência média aferida zerada ou abaixo de 1 mW, sem manutenção e com grande período de aquisição. Apesar de tudo isso, os valores medianos das densidades de energia calculadas apresentaram-se próximos do esperado (1, 4 e 7 J/cm²), diferentemente dos valores informados pelos fabricantes 5,4 J/cm², 20,9 J/cm² e 36,3 J/cm², respectivamente.

Cabe aqui ressaltar que, quando da aquisição de um equipamento laser, deve-se questionar não só a potência média e a densidade de energia que o mesmo pode proporcionar, mas também o tamanho da área do diodo. Pois, por exemplo, pode-se, em alguns casos, ter uma falsa idéia de que está sendo fornecida uma energia maior por área de aplicação. Isso é ratificado por Nussbaum *et al.* (1999), quando afirmam que as áreas dos diodos não são configuráveis diretamente pelos fabricantes, sendo muitas vezes importadas e, por isso, podem não condizer com o projeto inicial de produção desses equipamentos. Esse fato é observado no presente estudo, em que se constatou que, dentre os equipamentos analisados, existem diodos com área de irradiação que varia entre 0,025 a 0,07 cm².

Enfatiza-se, ainda, que 60% dos equipamentos aferidos são analógicos, cujos recursos são bastante restritos quando comparados aos microprocessados, sendo,

portanto, modelos desatualizados, já substituídos por algumas indústrias. Salienta-se também que o equipamento de laser não dispõe de dispositivos que consigam detectar alterações na sua potência média, o que, por sua vez, não garantirá a confiabilidade da densidade da energia emitida ao longo do seu uso.

Com o atual nível de expansão tecnológica, é possível o desenvolvimento de um sensor que possa quantificar a emissão do feixe de radiação, possibilitando assim que o profissional tenha um maior controle sobre o equipamento, garantindo a segurança do paciente que está sob seus cuidados, bem como a efetividade da terapia. A implementação de tal proposta depende exclusivamente do desenvolvimento do sistema de aferição por parte da indústria, não redimindo a necessidade de os profissionais solicitarem tal implementação.

Torna-se, portanto, fundamental que o pesquisador chame a atenção para a qualidade precária de muitos equipamentos terapêuticos em uso. Isso foi feito, no presente estudo, através da emissão de um laudo de aferição remetido a todos os fisioterapeutas cujo equipamento foi aferido, buscando, com isso, alertá-los sobre as condições dos mesmos, esperando que compreendam que a aferição/calibração periódica dos equipamentos são procedimentos essenciais para a confiabilidade da terapia a laser aplicada ao paciente.

Outro fator importante a ressaltar é o cuidado que o fisioterapeuta deve dispensar ao equipamento, visto ter sido observada na amostra a presença de aparelhos com obstrução total do feixe de laser, decorrente de resíduos provenientes do seu uso, depositados sobre a lente da caneta emissora.

Todos esses questionamentos não se justificam se o fisioterapeuta não receber remuneração condizente com as atividades/responsabilidades prestadas, o

que lhe possibilitaria manter os seus equipamentos atualizados quanto à tecnologia disponível, bem como buscar novos conhecimentos que repercutam na qualidade do atendimento prestado à população.

7 CONCLUSÕES

Com base no estudo realizado, observa-se que:

- nem todas as empresas estão dispostas a colaborar com o estudo científico, recusando-se, inclusive, a fornecer dados fundamentais à pesquisa;
- existe uma carência de informações nos manuais dos equipamentos no que se refere aos parâmetros de potência média, tempo de emissão nas diferentes densidades de energia, área do diodo e potência de pico;
- a maioria dos equipamentos aferidos apresenta potência média e densidade de energia distintas das informadas pelos fabricantes;
- o menor tempo de utilização e o fato de os equipamentos serem aferidos não garantem potências médias acima de 1 mW;
- medidas preventivas de atuação, como o uso de óculos de proteção à radiação, para o fisioterapeuta e o paciente, na maioria das vezes não são cumpridas;
- a aferição dos equipamentos deveria ser adotada como rotina pelos pesquisadores e profissionais de Fisioterapia;
- as indústrias deveriam buscar tecnologias que disponibilizassem aos usuários desse recurso terapêutico instrumentos que possibilitassem a análise quantitativa da energia eletromagnética.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS¹

AMARAL, A.C.; PARIZOTTO, N.A.; SALVINI, T.F. *Dose-dependency of low-energy HeNe laser effect in regeneration of skeletal muscle in mice*. Laser Medicine and Scienc. v. 16, p. 44-51,2001.

ARTHO, P.A.; THYNE, J.G.; WARRING, B.P.; WILLIS, C.D.; BRISMÉE, J.M.; LATMAN, N.S. *A calibration study of therapeutic ultrasound units*. Physical Therapy. v.82, nº 3, March 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR IEC 601-1: *Equipamento eletromédico*. Parte 1: Prescrições gerais para segurança. Rio de Janeiro, RJ: Novembro, 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR IEC 601-1: *Equipamento eletromédico*. Parte 1: Prescrições gerais para segurança. Rio de Janeiro, RJ: Emenda nº 1, Outubro, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR IEC 601-2-22: *Equipamento eletromédico*. Parte 2: Prescrições particulares para a segurança de equipamento terapêutico e de diagnóstico a laser. Rio de Janeiro, RJ: Outubro de 1997.

BAGIS, S.; ULKU, C.; SAHIN, G.; BUYUKAKILLI. B.; ERDOGAN, C.; KANIK, A. *A acute eletrophysiologic effect of pulsed gallium – arsenide low energy laser irradiation on configuration of compound nerve action potencial and nerve excitability*. Lasers in Surgery and Medicine. v. 30, p. 376-80, 2002.

BARUSHKA, O.; YAAKOBI, T.; ORON, U. *Effect of low-energy laser (HeNe) irradiation on the process of bone repair in the rat tibia*. Bone. v. 16, p. 47-55, 1995.

BASFORD, J. *Low-energy laser therapy*. Laser in Surgery and Medicine. nº 9, p. 1-5, 1989.

¹ Elaborada de acordo com a NBR 14724, de ago 2002

BASFORD, J.R.; HALLMAN, H.O.; MATSUMOTO, J.Y.; MOYER, S.K.; BUSS, J.M.; BAXTER, G.D. *Effects of 830nm. Continuous wave laser diode irradiation on median nerve function in normal subjects.* Laser in Surgery and Medicine. v. 13, p. 567-604. 1993.

BASFORD, J.R.; MALANGA, G.A.; KRAUSE, D.A.; HARMSEN, W.S. *A randomized controlled evaluation of low-intensity laser therapy: plantar fasciitis.* Archives Physical Medicine and Rehabilitation. v. 79, p. 249-54, March 1998.

BASFORD, J.R.; SHEFFIELD, C.G.; CIESLAK, K. *Laser therapy: a randomized, controlled trial of the effects of low intensity Nd:YAG laser irradiation on lateral epicondylitis.* Archives Physical Medicine and Rehabilitation. v. 81, 2000.

BAXTER, G.D. BELL, A.J.; ALLEN, J.M.; RAVEY, J. *Low level laser therapy: current clinical practice in Northern Ireland.* Physiotherapy. v. 77, nº 3, p. 171-78, 1991.

BAXTER, G.D. *Therapeutic laser.* USA: Ed. Churchill Livingstone, p.1-19, 1997.

BAXTER, D. *Laserterapia de baixa intensidade.* In: Eletroterapia de Clayton. 10 ed, São Paulo, SP, Manole Ltda, p: 191-210, 1998.

BECKERMAN, H.; DE BIE R.; BOUTER, L.; DE CUYPER, H.; OOSTENDORP, R. *The efficacy of laser therapy for musculoskeletal and skin disorders: a criteria-based meta-analysis of randomized clinical trials.* Physical Therapy. nº 72, p. 483-91, 1992.

BIBIKOVA , A.; ORON, U. *Attenuation of the process of muscle regeneration in the toad gastrocnemius muscle by low energy laser irradiation.* Laser in Surgery and Medicine. v. 14, p. 355-61, 1994.

BOULNOIS, J.L. *Photophysical process in recent medical laser developments, a review.* Laser in Medical Scienc. v. 1 p. 47-66, 1986.

CAMPOS J.S.C.; SANTARINE, G.A. *Medidor de energia para laser pulsado.* Eclética Química. [on line], v. 22, 1997. Disponível em <http://www.scielo.com.br> (Acesso em: 04 fev. 2003).

CANCELIERI, A.S.; CARBONARI, E.C.; NARDIN, F.; GUIRRO, R.R. de J. *Aferição dos equipamentos de ondas curtas terapêuticos*. Anais do 8º CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNIMEP. CO. 05, p. 37-8, 2000.

CARVALHO, P. de T.; SILVA, R.R.; SILVA, R.J. *Estudo microbiológico in vitro do crescimento bacteriano após aplicação do laser HeNe em úlceras de decúbito com infecção bacteriana*. Fisioterapia Brasil. Rio de Janeiro, RJ. v. 2, p. 183 –8, 2001.

COLLS, J. *La terapia laser hoy*. 3 ed. C.D.L. Barcelona, Espanha, 1986.

COLLS, J. *Enfoque conceptual de las radiaciones eletromagnéticas*. Enerabol. nº 15-6. 1988.

COUTO, E.E. do *Equipamentos de fisioterapia: ordem no caos*. Revista do COFFITO. nº1, p. 23-6, Junho/2001.

DIÁRIO OFICIAL DA UNIÃO – Secretaria de Vigilância Sanitária – Portaria conjunta nº 1, 8 de março de 1996, ofício nº 73/96, 12 de março de 1996.

FERREIRA, A.B. de H. *Novo Aurélio – o dicionário da língua portuguesa. Século XXI*. 3ª ed. Rio de Janeiro, RJ: Editora Nova Fronteira, p. 2128, 1999.

FISHER, B.D.; RENNIE, S.; WARREN, S.; MAGEE, D.; KOH, J. *The effects of low power laser therapy on muscle healing following acute blunt trauma*. Journal Physical Therapy Scienc. v. 12, p. 49-55, 2000.

GOATS, G.C.; FLETT, E.; HUNTER, J.A.; STIRLING, A. *Low intensity laser and phototherapy for rheumatoid arthritis*. Physiotherapy. v. 82, nº 5, p. 311-20, May, 1996.

GUIRRO, R.R. de J.; SERRÃO, F.; ELIAS, D.; BUCALON, A.J. *Calibration of therapeutic ultrasound equipment*. Physiotherapy. v. 83, nº 8, p. 419-22. August 1997.

GUIRRO, E.de C.; GUIRRO, R.R. de J. *Fisioterapia dermatofuncional; fundamentos, recursos e patologias*. 3 ed. Barueri, SP: Manole Ltda, p. 209-22, 2002.

GUIRRO, R.R. de J.; SANTOS, S.C.B. dos *Evaluation of the acoustic intensity of new ultrasound therapy equipment*. Ultrasonic. v. 39, nº 8, p. 553-7. 2002.

GUM, S.L.; REDDY, G.K.; STEHNO-BITTEL, L.; ENWEMEKA, C.S. *Combined ultrasound, electrical stimulation, and laser promote collagen synthesis with moderate changes in tendon biomechanics*. American Journal Physical Medicine and Rehabilitation. v. 76, p. 288-96, 1997.

HERRERO, C.; COLLS, J. VELEZ, M. *Las dosimetrías em equipos de baja potencia*. Enera. Bol. nº 15-6, 1988.

KITCHEN, S.; BAZIN, S. *Eletroterapia de Clayton*. 10ªed. São Paulo, SP: Manole, Ltda. P. 191-210, 1998.

KITCHEN, S. *Eletroterapia – prática baseada em evidências*. 11ª ed. São Paulo, SP: Manole, Ltda. 2003.

KLOTH, L. *Wound healing: alternatives in manegement*. Churchill Livingstone, USA. p. 347-64, 1997.

KRAMER, J.F.; SANDRIN, M. *Effect of low-power laser and white light sensory condution rate of the superficial radial nerve*. Physiotherapy Canada. V. 45, nº 3, p. 165-70, Summer 1993.

KULEKCIOGLU, S.; SIVRIOGLU, K.; OZCAN, O.; PARLAK, M. *Effectiveness of low-level laser therapy in temporomandibular*. Scand. Journal Rheumatology. v. 32, p. 114-8, 2003.

LAAKSO, L.; RICHARDSON, C.; CRAMOND, T. *Factors affecting low level laser therapy*. Journal Australian Physiotherapy. v. 39, nº 2, p. 95-9, 1993.

LOW, J.; REED, A. *Eletroterapia explicada: principios e prática*. 3 ed. Barueri, SP: Manole, Ltda. 409 p. 2001.

LUGER, E.J.; ROCHKIND, S.; WOLLMAN, Y. KOGAN, G.; DEKEL, E. *Effect of low – power laser irradiation on the mechanical properties of bone fracture healing in rats*. Laser in Surgery and Medicine. v. 22, p. 97-102, 1998.

MANZANARES, M.T.L.; VEJA, J.M.P.; PORTERO, F.S.; FERNANDEZ, L.L. CLAROS, M.L.; MORILLO, M.M. *Morfometria del cartilago de crecimiento de ratas wistar Irradiadas com láser de baja potencia (HeNe)*. *Rehabilitación*. v. 26, nº 2, p. 168-73., 1992.

MARINO, J.A.M.; TACIRO, C.; ZUANON, J.A.S.; BENATTI NETO, C.; PARIZOTTO, N.A. *Efeito do laser terapêutico de baixa potência sobre o processo de reparação óssea em tibia de rato*. *Revista Brasileira de Fisioterapia*. v. 7, nº2, p. 167-73, 2003.
MARTINS, F.L.M. *Análise da qualidade de aparelhos de ultra-som terapêutico na prática fisioterapêutica, utilizando balança analítica*. Dissertação de Mestrado. Centro Universitário – UNIT. Uberlândia, MG. p.88, 2001.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO/CONSELHO FEDERAL DE EDUCAÇÃO. Resolução nº 10 do Conselho Federal de Fisioterapia e Terapia Ocupacional – COFFITO – Código de Ética Profissional. Brasília, DF: Diário Oficial, 1978.

MOKHTAR, B.; BAXTER, G.D.; WALSH, D.M.; BELL, A.J.; ALLEN, J.M. *Double-blind, placebo-controlled investigation of the combined phototherapy/low intensity laser therapy upon experimental ischaemic pain in humans*. *Laser in Surgery and Medicine*. p. 74-81, 1995.

NAESER, M.A.; HAHN, K.K.; LIEBERMAN, B.E. *Carpal tunnel syndrome pain treated with low-level laser and microamperes transcutaneous electric nerve stimulation: a controlled study*. *Archives Physical Medicine and Rehabilitation*. v. 83. 2002.

NAVRATIL, L.; DYLEVSKY, I. *Mechanisms of the analgesic effect of therapeutic lasers in vivo*. *Laser Therapy*. v. 9. p: 33-40, 1997.

NORME INTERNATIONALE – IEC 825 - 1, Première Edition, *International Electrotechnical Commission*. Geneva, Suíça, p. 208. 1993.

NORME INTERNATIONALE – IEC 60825 - 1, edition 1.1, *International Electrotechnical Commission*. Geneva, Suíça, p.208. 1998.

NORME INTERNATIONAL STANDARD – IEC 60825 - 1, edition 1.2, *International Electrotechnical Commission*. Geneva, Suíça, p.115. 2001.

NUSSBAUM, E.L.; BIEMANN, I.; MUSTARD, B. *Comparison of ultrasound/ultraviolet-C and laser for treatment of pressure ulcers in patients with spinal cord injury*. Physical Therapy, v. 74, nº 9, 1994.

NUSSBAUM, E.L.; ZUYLEN, J.V.; BAXTER, G.D. *Especificacion of treatment dosage in laser therapy: unreliable equipment and radiant power determination as confounding factors*. Physiotherapy Canada. P. 157-67, Summer 1999.

OLIVEIRA, N.M.L.; PARIZOTTO, N.A.; SALVINI, T.F. *GaAs(904 nm) laser radiation does not affect muscle regeneration in mouse skeletal muscle*. Laser in Surgery and Medicine. v. 25, p. 13-21, 1999.

ORTIZ, M.C.S.; CARRINHO, P.M.; SANTOS, A.A.S. dos; GONÇALVES, R.C.; PARIZOTTO, N.A. *Laser de baixa intensidade: princípios e generalidades*. – Parte 1. Fisioterapia Brasil, Rio de Janeiro, RJ. v. 2, nº 4, 2001.

PARIZOTTO, N.A. *Ação do laser de hélio-neônio sobre o processo de reparo tecidual: um estudo do colágeno por microscopia eletrônica de varredura, microscopia de força atômica e espectroscopia por infravermelho*. Tese de Doutorado. Faculdade de Engenharia e Computação. Universidade Estadual de Campinas. Campinas, SP. p. 181, 1998.

PARRISH, J.; DEUTSCH, T. *Laser photomedicine*. IEEE, Journal of quantum electronics. QE-20. v. 12, p. 1386-96, 1984.

REDDY, G.K.; STEHNO-BITTEL, L.; ENWEMEKA, C.S. *Laser photostimulation of collagen production in rabbit achilles tendons*. Laser in Surgery and Medicine. v. 22, p. 281-87, 1998.

SERAFIM, F.; TEODOROSKI, R. de C.C. *Laser arseneto de gálio(GaAs) no tratamento das algias provocadas pela disfunção têmporo-mandibular: estudo piloto*. Fisioterapia Brasil. Rio de Janeiro, RJ. v. 4, nº 1, p. 32-8, 2003.

SIMUNOVIC, Z.; TROBONJACA, T.; TROBONJACA, C. *Treatment of medial and lateral epicondylitis – tennis and golfer's elbow with low level laser therapy a multicenter double blind, placebo – controlled clinical study on 324 patients*. Journal of Clinical Laser Medicine % Surgery, v. 16, p. 145-51, 1998.

TAM, G. *Low power laser therapy and analgesic action*. Journal of Clinical Laser Medicine & Surgery. v. 17, nº 1, p. 29-33, 1999.

TEIXEIRA, S.R.; MESSIAS, I. de A.; PEÑA, A.F.V.; MASSELLI, M.R.; CONVERSO, M.E.R. *Campos eletromagnéticos produzidos por equipamentos de ondas curtas usados em fisioterapia: uma avaliação em Presidente Prudente, SP*. Revista Brasileira de Fisioterapia. São Carlos, SP, v. 5, nº 1, p. 35-40, 2001.

TUNÉR, J.; HODE, L. *It's all in the parameters: a critical analysis of some well-known negative studies on low-level laser therapy*. Journal of Clinical Laser Medicine e Surgery. v. 16, nº5, p.245-8, 1998.

TUNÉR, J.; HODE, L. *Low level laser therapy. Clinical practice and scientific background*. Spjutvagen, Suécia: Prima Books, p. 393, 1999.

VASSELJEN, O. *Low-level laser versus traditional physiotherapy in the treatment of tennis elbow*. Physiotherapy. v. 78, nº 5, p. 329-34, 1992.

WEDLOCK, P.; SHEPHARD, R.A.; LITTLE, C.; McBURNEY, F. *Analgesic effects of cranial laser treatment in two rat nociception models*. Physiology & Behavior. v. 59, nº 3, p. 445-8, 1996.

YU, W.; NAIM, J.O.; LANZAFAME, R.J. *Effects of photostimulation on wound healing in diabetic mice*. Laser in Surgery and Medicine. v. 20, p. 56-63, 1997.

9 APÊNDICES

APÊNDICE 1

FICHA DE CADASTRO

Nº _____

• DADOS DE IDENTIFICAÇÃO PESSOAL:

- Nome da Clínica ou Consultório de Fisioterapia: _____

- Nome do(a) Fisioterapeuta responsável: _____

- Endereço completo: _____

- Telefone: _____ - Cidade: _____

- E-mail: _____ - Data da visita: _____

• DADOS DE IDENTIFICAÇÃO DO RECURSO FÍSICO

Nº de aparelhos laser	Marca	Modelo	Nº de série	Comprimento de onda (nm)	Tempo de compra (meses)	Nº de pacientes/dia	DE mais usada (J/cm ²)	Data da última aferição	Usa óculos de proteção S (sim) ou N (não)	
									Pcte	Fisio

- Há possibilidade de aferição do(s) aparelho(s) em um dia da semana?

() Sim () Não

- Qual o melhor dia da semana? _____

Assinatura do(a) Fisioterapeuta Responsável

APÊNDICE 2

QUESTIONÁRIO SOBRE A UTILIZAÇÃO DO LASER

1) Sexo: () M () F

2) Idade:

3) Tempo de formado:

4) Tempo de atuação:

5) Qualificação:

() somente graduação () especialização () mestrado () doutorado

6) Utiliza o equipamento laser?

() sim () não

7) Se não, por quê?

8) Quantos equipamentos de laser possui?

9) Qual o comprimento de onda do(s) aparelho(s)?

() HeNe: 632,8 nm

() AsGa: 904 nm

() AsGaInP: 630-685 nm

() AsGaAl: 780-870 nm

10) O que o levou a adquirir o equipamento?

11) A quanto tempo possui o equipamento?

12) Desde quando o utiliza?

13) Quantos pacientes em média atende por dia?

14) Quantos pacientes em média atende por semana?

15) Em quantos pacientes você utiliza o equipamento?

16) Qual o tempo de duração de uma sessão?

17) Qual o tempo reservado para a aplicação do laser durante uma sessão?

18) Com que frequência utiliza o equipamento?

- pelo menos uma vez por dia
- pelo menos uma vez por semana
- pelo menos uma vez por mês
- pelo menos uma vez por ano
- outro. Qual a frequência? _____

19) Qual a dosagem mais utilizada?

- 1 J/cm² 2 J/cm² 3 J/cm² 4 J/cm² 5 j/cm²
- Outras. Quais? _____

20) Qual o efeito esperado quando utiliza essa dosagem?

21) Quais as patologias mais freqüentes em que utiliza o equipamento?

22) Em quais tecidos costuma aplicar o laser?

- músculos
- ligamentos
- tendões
- bursa
- cartilagem
- pele
- nervos
- outros. Quais? _____

Você se considera apto para manusear o equipamento?

- sim não

23) Você acredita ter conhecimentos suficientes para determinar a dosagem do equipamento?

- sim não

24) Onde adquiriu esses conhecimentos?

- prática clínica
- manual do equipamento
- livros
- revistas
- trabalhos científicos
- cursos
- outros. Quais? _____

25) Procura se atualizar sobre as recentes pesquisas a respeito do equipamento?

- sim não

26) De que forma essas pesquisas têm influenciado sua prática clínica?

() de forma positiva () de forma negativa () não têm influenciado

27) Utiliza óculos de proteção?

Terapeuta () sim () não Paciente () sim () não

28) Você acha que o equipamento é:

() muito usado na prática clínica () pouco usado na prática clínica

29) Preocupa-se com a manutenção do equipamento?

() sim () não

30) Com que frequência faz essa manutenção?

- () uma vez por mês
- () uma vez a cada seis meses
- () uma vez por ano
- () mais de uma vez por ano
- () outras. Quantas vezes? _____

31) Sabe diferenciar aferição de calibração?

() sim () não

32) O que entende por cada uma delas?

Aferição: _____

Calibração: _____

33) O equipamento já foi calibrado? () sim () não

34) Há quanto tempo?

35) O equipamento já foi aferido? () sim () não

36) Há quanto tempo?

37) Acredita realmente na eficácia do equipamento? () sim () não

38) Você considera o equipamento importante na sua prática clínica? () sim () não

39) Se não, por quê? _____

APÊNDICE 3

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DOS EQUIPAMENTOS LASERES AFERIDOS

Nº de Equipamentos	Área do diodo (cm ²)	Comprimento de onda (nm)	Potência Média Aferida (mW)	Potência Média do Fabricante (mW)	Potência de pico KLD (W)
1	0,025	904	3,24	11	25
2	0,025	904	5,624	11	25
3	0,025	904	3,118	11	25
4	0,025	904	3,73	11	25
5	0,025	904	1,061	11	25
6	0,03	905	3,21	6,4	20
7	0,03	905	3,303	6,4	20
8	0,05	850	3,421	19,2	-
9	0,05	850	1,818	19,2	-
10	0,02	670	31,685	30	-
11	0,02	670	25,539	30	-
12	0,07	904	1,201	3,5	15
13	0,07	904	1,121	3,5	15
14	0,07	904	0	3,5	15
15	0,07	830	32,2	30	-
16	0,07	904	1,235	Não Informado	15/30/45
17	0,07	904	0,645	Não Informado	15/30/45
18	0,07	904	0,922	Não Informado	15/30/45
19	0,07	904	0,769	Não Informado	15/30/45
20	0,07	904	1,040	Não Informado	15/30/45
21	0,07	904	0,784	Não Informado	15/30/45
22	0,07	904	0	Não Informado	15/30/45
23	0,07	904	0,955	Não Informado	15/30/45
24	0,07	904	0,635	Não Informado	15/30/45
25	0,07	904	1,420	Não Informado	15/30/45
26	0,07	904	0,518	Não Informado	15/30/45
27	0,07	904	0	Não Informado	15/30/45
28	0,07	904	0	Não Informado	15/30/45
29	0,07	904	0,747	Não Informado	15/30/45
30	0,07	904	0,979	Não Informado	15/30/45
31	0,07	904	0,021	Não Informado	15/30/45
32	0,07	904	0,203	Não Informado	15/30/45
33	0,07	904	0,869	Não Informado	15/30/45
34	0,07	904	0	Não Informado	15/30/45
35	0,07	904	0	Não Informado	15/30/45
36	0,07	904	0,924	Não Informado	15/30/45
37	0,07	904	0,035	Não Informado	15/30/45
38	0,07	904	0	Não Informado	15/30/45
39	0,07	904	0,887	Não Informado	15/30/45
40	0,0314	632,8	0,607	3	-

APÊNDICE 4

FICHA DE AFERIÇÃO

Nº _____

DADOS DE IDENTIFICAÇÃO

Nome da Clínica ou Consultório de Fisioterapia: _____
 Nome do Fisioterapeuta responsável: _____
 Endereço completo: _____ CEP: _____
 Telefone: _____ Cidade: _____
 E-mail: _____ Data da visita: _____

DADOS DE IDENTIFICAÇÃO

Marca	Modelo	Nº de série	Área (cm ²)	λ (nm)

λ (nm)	Transmissividade do Óculos (mW ou μW)		

AFERIÇÕES

λ (nm)	Potência Emitida (mW ou μW)		

Comprimento de onda: _____

Densidade de Energia	TEMPO DE EMISSÃO (segundos)		
1 J/cm ²			
4 J/cm ²			
7 J/cm ²			

Observação: _____

DADOS DE UTILIZAÇÃO

Tempo de compra (meses)	Nº de pacientes por dia	Densidade mais usada (J/cm ²)	Data da última aferição	Usa óculos	
				Pcte	Fisio

APÊNDICE 5



Faculdade de Ciências da Saúde
Mestrado em Fisioterapia

Piracicaba, 13 de janeiro de 2003.

À diretoria

Eu, **Luciana Cezimbra Weis**, aluna do Programa de Pós-graduação – Mestrado em Fisioterapia da UNIMEP/Piracicaba, SP, orientada pelo Prof. Dr. Rinaldo R. de J. Guirro, estou realizando meu trabalho de dissertação na área de equipamentos de Laser.

Para tanto solicito algumas informações importantes para discussão de meu trabalho. Necessito da **área de irradiação do diodo, potências de pico e média de emissão, frequência e largura do pulso da corrente para os diodos pulsados** dos seguintes equipamentos de Laser abaixo relacionados:

Marca	Modelo	λ (nm)	Área de irradiação (mm)	Potência		Frequência (Hz)	Largura do pulso (μ s)
				média	pico		
KLD	LIV 877C	904					
KLD	LIVM 904	904					
KLD	LIV 907	904					

Dessa forma, espero receber o mais breve possível estas informações para dar andamento a este trabalho.

As informações devem ser enviadas para um dos seguintes endereços:

- **Correio:** Rua Duque de Caxias, 1451 / 302.
Cep: 97015 –190
Santa Maria – RS.

- **E-mail:** lcweis@unimep.br.

Desde já agradeço a atenção e me comprometo a enviar um resumo dos resultados obtidos.

Atenciosamente,

Luciana Cezimbra Weis
Mestranda do PPG-FT/UNIMEP

APÊNDICE 6



Piracicaba, ___/___/___.

LAUDO DE AFERIÇÃO DO EQUIPAMENTO LASER

O equipamento laser modelo _____, microprocessado, de comprimento de onda de 904 nm, da BIOSET sob número de série _____, de propriedade da Clínica _____, sob a responsabilidade da(o) Fisioterapeuta _____, foi submetido à aferição no mês de _____ de _____, através do medidor de potência média COHERENT, modelo LASERCHECK, nas dependências da referida Clínica situada na rua _____, nº _____, pela Fisioterapeuta Luciana Weis, Mestranda do programa de Pós Graduação em Fisioterapia da UNIMEP.

Após a verificação das condições de funcionamento e da ampola laser sob perfeito acoplamento à janela do sensor de captação da potência média de emissão laser, devidamente calibrado, sob laudo de inspeção do IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas), mensuradas três medidas a cada item de avaliação temos os seguintes resultados:

Potência média do aparelho		Potência média do fabricante	
Densidade de energia do painel	1 J/cm ²	4 J/cm ²	7 J/cm ²
Densidade de energia aferida			

Dados calculados através das fórmulas: $E = P \times t$ e $DE = E/\text{área do diodo}$.

Fisioterapeuta Luciana Cezimbra Weis
Programa de Pós-graduação em Fisioterapia – UNIMEP – Taquaral
Mestrado em Fisioterapia

APÊNDICE 7

Associação das Categorias

Potência Média (mW)	$\leq 1\text{mW}$	$> 1\text{mW}$
Tecnologia do Equipamento		
Analogico	21	3
Digital	2	11

$p < 0,0001$

Potência Média (mW)	$\leq 1\text{mW}$	$> 1\text{mW}$
Tempo de aquisição (anos)		
Até 5 anos	10	11
Acima de 5 anos	14	2

$p = 0,01$

Potência Média (mW)	$\leq 1\text{mW}$	$> 1\text{mW}$
Nº de pctes/ Semana		
Até 15 pacientes/semana	14	8
Acima de 15 pacientes/semana	9	6

$p = 0,54$

Potência Média (mW)	$\leq 1\text{mW}$	$> 1\text{mW}$
Manutenção		
Aferido	9	1
Não aferido	15	12

$p = 0,054$

10 ANEXOS

ANEXO 1

CERTIFICADO DO IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas)

IPTInstituto de Pesquisas Tecnológicas
Laboratório de Óptica / ATEE / DME

Folha nº 03 de 03

4.3 Incertezas de Medição

A incerteza de medição dos valores de potência radiante laser obtidos pelo conjunto fonte laser/radiômetro foi estimada em 5% para um nível de confiança de aproximadamente 95%.

5 RESULTADO DAS MEDIÇÕES

Os valores medidos de potência radiante laser do radiômetro ECPR, já descontada a radiação de fundo, e do medidor de potência laser Coherent, para os comprimentos de onda especificados pelo cliente e seus respectivos fatores de correção, estão tabelados a seguir.

Tabela 2 – Resultados médios da potência radiante laser.

λ (nm)	Potência radiante laser		
	ECPR	Coherent	Fator de correção
670	$(1,31 \pm 0,09)$ mW	1,67 mW	1,054
830	$(1,32 \pm 0,07)$ mW	1,27 mW	1,039
804	(275 ± 14) μ W	235 μ W	1,155

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Levando em consideração as incertezas de medição, os resultados de potência radiante laser medidos pelo radiômetro ECPR do Laboratório de Óptica do IPT e pelo medidor de potência laser Coherent da Ibramed, nos comprimentos de onda de 670 nm e 804 nm, não são coincidentes, sendo necessário a utilização de um fator de correção. Para o comprimento de onda de 830 nm, ocorreu coincidência e a utilização do fator de correção é apenas recomendável.

Enviado por: Téc. Marco Tadeu Hipólio

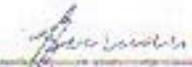
Supervisionado por: Fis. Jane Cleide Góes

São Paulo, 29 de novembro de 2002.

DIVISÃO DE MECÂNICA E ELETRICIDADE
Núcleo de Tecnologia de
Equipamentos Elétricos
Laboratório de Ótica

 Dr. Paulo Roberto
 Responsável pelo Laboratório
 NRE 2295-1

DIVISÃO DE MECÂNICA E ELETRICIDADE


 Eng. Paulo Roberto
 Diretor de Divisão
 NRE 2002-7 - CREA 173443

ANEXO 3

Carta registrada com aviso de recebimento

DESTINATÁRIO DO OBJETO / DESTINATAIRE			
NOME COMPLETO / NOM COMPLET / NOME DO DESTINATÁRIO DO OBJETO / NOM DU DESTINATAIRE			
KMDBIOSISTENASEQUIPAMENTOS ELETRÔNICOS			
ENDEREÇO / ADDRESS			
AVENIDA EUROPA, 630			
CEP / CODE POSTAL	CIDADE / LOCALITE	UF	PAIS / PAYS
13900-909	AMPARO	SP	BRASIL
DECLARAÇÃO DE CONTEÚDO (SUJEITO A VERIFICAÇÃO) / DISCRIMINATION			
CARTA			
O OBJETO FOI DEVIDAMENTE ENVIADO À DESTINAÇÃO		DATA DE RECEBIMENTO	LOCAL DE ENTREGA / LOCALITE DE DESTINO / LOCAL DE DESTINATION
<input type="checkbox"/> ENTREGUE / REMIS	<input type="checkbox"/> PAGO / PAYE	03/2/03	AMPARO
ASSINATURA DO RECEBEDOR / SIGNATURE DU DESTINATAIRE			
<i>Guilherme D. Pacheco</i>			
DOCUMENTO DE IDENTIFICAÇÃO DO RECEBEDOR	FUBRICAÇÃO / EMPREGAÇÃO / SIGNATURE DU DESTINATAIRE		
17761038	[Stamp]		
VEJA, DO OUTRO LADO, O ENDEREÇO PARA DEVOLUÇÃO DESTE ART.			


 75240000-0 * 7 5 2 4 0 2 0 3 - 0 * FCB482 1 15 114 x 185 mm

CORREIOS BRASILEIROS		AVISO DE RECEBIMENTO	
AVIS CN07		CÓDIGO DE SEGUROS COM NÚMERO REGISTRADO: 40194723 3 BR	
DATA DE POSITIVIDADE / DATE DE DÉPÔT	29/01/03	TENTATIVAS DE ENTREGA	
UNIDADE DE POSTAGEM / BUREAU DE DÉPÔT	RS	[Graphical bars]	
NOME COMPLETO / SOCIAL DO REMETENTE / NOM DU RAISON SOCIALE DE L'EXPÉDITEUR			
LUCIANA CEZIMBRA WEIS			
ENDEREÇO PARA DEVOLUÇÃO / CAD. VALOR BREV			
DUQUE DE CAXIAS, 1451/30.2			
CIDADE / LOCALITE		RS BRASIL	
SANTA MARIA		[Stamp]	
9 7 0 1 5 1 9 0			